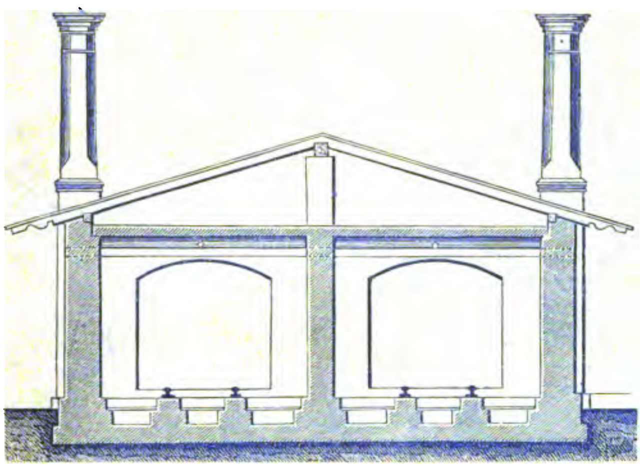
Bolley's Technologie. 20. (Bd. VI. 1. 1.)

Handbuch
der
chemischen Technologie.

In Verbindung
mit mehren Gelehrten und Technikern bearbeitet, und herausgegeben von

Dr. P. A. Bolley,
weil. Professor der technischen Chemie am Schweizerischen Polytechnikum in Zürich.
Nach dem Tode des Herausgebers fortgesetzt
von
Dr. K. Birnbaum,
Professor der technischen Chemie an der polytechnischen Schule zu Carlsruhe.

Acht Bände, die meisten in mehre Gruppen zerfallend.



Sechsten Bandes erste Gruppe:
Die chemische Technologie der Baumaterialien und Wohnungseinrichtungen.

Erste Abtheilung:
Chemische Technologie des Holzes als Baumaterial.

Von Dr. Adolf Mayer,
Privatdocent der [redacted]

Mit in den Text eingedruckten Holzstichen.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1872.

Ankündigung.

Dieses Werk hat seit Jahren die Thätigkeit des Herrn Herausgebers, der Herren Mitarbeiter und des Verlegers lebhaft in Anspruch genommen. Es darf dem technischen Publikum nach Plan, Ausführung der Bearbeitung, Ausstattung und Preis empfohlen werden.

Es ist bei dem raschen Vorschreiten der chemischen Technologie ein entschiedenes Bedürfniß geworden, das zerstreute reichhaltige Material, welches die technische Literatur in den letzteren Jahren lieferte, zu sammeln, zu sichten und das Brauchbare übersichtlich zu ordnen. Nur der geringere Theil der Thatsachen, durch welche sich der Umschwung in den Gewerben kund giebt, findet sich ohne Entstellung in technischen Zeitschriften, und was verschwiegen, was zu viel gesagt ist, läßt sich nur durch eigene Beobachtung oder persönliche Beziehung zu kundigen Praktikern herausfinden.

Es stellt sich das vorliegende Werk folgende Aufgaben durch die angegebenen Mittel:

1. Klare und vollständige Darlegung des heutigen Zustandes sämmtlicher auf Chemie gegründeten Gewerbe;
2. Nur durch Theilung des umfangreichen Stoffes unter verschiedene Bearbeiter kann mit Zuversicht der Aufgabe genügt werden, sich der Praxis so nahe als möglich anzuschließen. Sämmtliche Mitarbeiter stehen der Materie der von ihnen übernommenen Abtheilungen des Werkes entweder durch Praxis oder specielle Beobachtung nahe;
3. Das Werk wird in acht Bänden, von denen die Mehrzahl in einzelne Gruppen zerfällt, erscheinen;
4. Diese Gruppen sollen, mindestens die größeren, für sich verkäuflich sein und so dem technischen Publikum das jede einzelne Industrie zunächst interessirende Material thunlichst leicht zugängig gemacht werden;
5. Der Preis wird, einschließlich der reichsten Illustration durch zahlreiche Abbildungen, durchschnittlich nicht über $2\frac{1}{2}$ Sgr. pro Bogen in groß Octav-Median betragen;
6. Die rasche Erscheinung ist durch das Zusammenwirken vieler und ausgezeichneter Kräfte gesichert.

In Bezug auf das bereits Erschienene verweisen wir auf die im Prospectus angekündigte Inhalts-Uebersicht desselben.

Friedrich Vieweg und Sohn.

Braunschweig. **PROSPECTUS.** October 1872.

Handbuch der chemischen Technologie.

In Verbindung mit mehren Gelehrten und Technikern bearbeitet, und herausgegeben von

Dr. P. Bolley,
Professor der technischen Chemie am Schweizerischen Polytechnikum in Zürich.

Nach dem Tode des Herausgebers fortgesetzt von

Dr. K. Birnbaum,
Professor der technischen Chemie an der polytechnischen Schule zu Carlsruhe.

Acht Bände,

die meisten in mehre Gruppen zerfallend.

gr. 8. Fein Velinpap. geh.

Mit Kupfertafeln und in den Text eingedruckten Holzstichen.

Erschienen sind:

1. Ersten Bandes erste Gruppe: **Die chemische Technologie des Wassers.** Vom Herausgeber. Mit 80 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 24 Sgr.
2. Ersten Bandes zweite Gruppe: **Das Beleuchtungswesen.** In zwei Abtheilungen. Vom Herausgeber und Dr. G. Wiedemann, Professor am Polytechnikum zu Karlsruhe. Mit Kupfertafeln und 231 in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Abtheilung Preis 1 Thlr.
3. — Zweite Abtheilung Preis 1 Thlr.
4. Zweiten Bandes erste Gruppe: **Die Technologie der chemischen Producte, welche durch Grossbetrieb aus unorganischen Materialien gewonnen werden.** Von Dr. Philipp Schwarzenberg. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Lieferung. Preis 1 Thlr.
5. Zweiten Bandes zweite Gruppe: **Die Fabrikation chemischer Producte aus thierischen Abfällen.** Von Dr. Hugo Fleck, Assistent an der Königl. polytechnischen Schule, Lehrer der Physik und Chemie an der chirurgisch-medicinischen Academie zu Dresden. Mit 46 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr.
6. Dritten Bandes erste Gruppe: **Die Glasfabrikation.** Von W. Stein, Professor der Chemie an der polytechnischen Schule zu Dresden. Mit 233 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.
7. Vierten Bandes erste Gruppe: **Die Bierbrauerei, Branntweinbrennerei und Liqueurfabrikation.** Von Dr. Fr. Jul. Otto, Medicinalrath und Professor der Chemie am Collegio Carolino zu Braunschweig. Mit 135 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 3 Thlr. 10 Sgr.
8. Vierten Bandes dritte Gruppe: **Der Weinbau und die Weinbereitungskunde, sowie die Bereitung des Obstweins und Krauts.** Von Dr. Fr. Mohr, Königl. Preußischem Medicinalrathe und pharmaceutischem Mitgliede des Medicinal-Collegiums zu Coblenz rc. Mit 39 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 25 Sgr.
9. Siebenter Band: **Die Metallurgie.** Von Dr. C. Stölzel, Lehrer der Chemie und Technologie an der Königl. Kreis-Gewerbeschule zu Nürnberg. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Lieferung: Allgemeiner Theil. Preis 1 Thlr. 20 Sgr.

10. — Zweite Lieferung: Specieller Theil der Metallgewinnung. Roheisen und Stabeisen. Preis 1 Thlr.

11. Fünfter Band: **Chemische Verarbeitung der Pflanzen- und Thierfasern.** Erste Lieferung: **Die Spinnfasern und die im Pflanzen- und Thierkörper vorkommenden Farbstoffe.** Vom Herausgeber. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr.

12. Vierten Bandes zweite Gruppe: **Die Essig-, Zucker- und Stärke-Fabrikation, Fabrikation des Stärkegummis, Stärkesyrups und Stärkezuckers, sowie die Butter- und Käse-Bereitung.** Von Dr. Fr. Jul. Otto, Medicinalrath und Professor der Chemie am Collegio Carolino zu Braunschweig. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Lieferung. Preis 1 Thlr.

13. Sechsten Bandes zweite Gruppe: **Die Darstellung der Seifen, Parfümerien und Cosmetica.** Von Dr. C. Deite, Chemiker und Dirigent der Potsdamer Stearin-Fabrik. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr.

14. Vierten Bandes zweite Gruppe: **Die Essig-, Zucker- und Stärke-Fabrikation, Fabrikation des Stärkegummis, Stärkesyrups und Stärkezuckers, sowie die Butter- und Käse-Bereitung.** Von Dr. Fr. Jul. Otto, Medicinalrath und Professor der Chemie am Collegio Carolino zu Braunschweig. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Zweite Lieferung. Preis 1 Thlr.

15. Siebenter Band: **Die Metallurgie.** Von Dr. C. Stölzel, Lehrer der Chemie und Technologie an der Königl. Kreis-Gewerbeschule zu Nürnberg. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Dritte Lieferung: Specieller Theil der Metallgewinnung. Stahl. Preis 20 Sgr.

16. Vierten Bandes zweite Gruppe: **Die Essig-, Zucker- und Stärke-Fabrikation, Fabrikation des Stärkegummis, Stärkesyrups und Stärkezuckers, sowie die Butter- und Käse-Bereitung.** Von Dr. Fr. Jul. Otto, Medicinalrath und Professor der Chemie am Collegio Carolino zu Braunschweig. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Dritte Lieferung (Schluß). Preis 1 Thlr. 5 Sgr.

17. Zweiten Bandes erste Gruppe: **Die Technologie der chemischen Producte, welche durch Grossbetrieb aus unorganischen Materialien gewonnen werden.** Von Dr. Philipp Schwarzenberg. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Zweite Lieferung. Preis 2 Thlr.

18. Fünfter Band: **Chemische Verarbeitung der Pflanzen- und Thierfasern.** Zweite Lieferung: **Die künstlich erzeugten organischen Farbstoffe. Der Theer: die aus Phenol und Benzol hervorgehenden Farbsubstanzen.** Vom Herausgeber. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr.

19. Sechsten Bandes dritte Gruppe: **Das Schiesspulver, die Zündhütchen- und Zündwaaren-Fabrikation.** Dritte Abtheilung: **Die Zündwaaren-Fabrikation.** Von Wladimir Jettel. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 20 Sgr.

20. Sechsten Bandes erste Gruppe: **Die chemische Technologie der Baumaterialien und Wohnungseinrichtungen.** Erste Abtheilung: **Chemische Technologie des Holzes als Baumaterial.** Von Dr. Adolf Mayer, Privatdocent der Agriculturchemie an der Universität Heidelberg. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen.

Jede Gruppe erscheint selbständig und ist für sich käuflich. Ein Erscheinen der Gruppen in bestimmter Reihenfolge ist nicht beabsichtigt.

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

Zur Rechtfertigung der Bearbeitung eines größeren Handbuchs der chemischen Technologie würde schon die Absicht ausreichen, das zerstreute, reichhaltige Material, welches die technische Journalliteratur in den letzten Jahren lieferte, zu sammeln, zu sichten und das Brauchbare übersichtlich zu ordnen. Ist es doch die nächstliegende Aufgabe des Lehr- und Handbuchs, in dem widerspruchsvollen Gewirr, des auf tausend Wegen zusammenlaufenden Stoffes, Ruhepunkte zu schaffen, von welchen aus der Beobachter alles rückwärtsliegende leichter überschauen kann. Chemikern und Technikern ist es bekannt, wie unangefochten und bedeutend die

Verdienste sind, welche sich in diesem Sinne Schubarth und Dumas durch ihre sehr vollständigen Handbücher der technischen Chemie erworben haben.

Aber vielleicht nur der geringere Theil der Thatsachen, durch welche sich der Umschwung in den Gewerben beurkundet, findet sich ohne Entstellung in den technischen Zeitschriften, und was verschwiegen und was zu viel gesagt ist, läßt sich nur durch eigene Beobachtung oder persönliche Beziehungen zu kundigen Praktikern herausfinden. Der Vorzug einläßlicher von eigenem Anschauen zeugender Darstellung kommt einer Reihe von mehr monographischen Bearbeitungen zu. Auch ein fast die ganze technische Chemie umfassendes Buch — Payen's Gewerbs-Chemie — trägt das Gepräge inniger, auf lebendigen Verkehr mit dem Industriellen gegründeter Vertrautheit des Verfassers mit seinem Gegenstande. Jenes Werk, von diesem Gesichtspunkte aus uns vorzüglich erscheinend, ist aber weder vollständig (es fehlen z. B. die Technologie der Thonwaaren, die Metallurgie, die Färberei, Zeugdruck, Bleicherei 2c. gänzlich darin), noch behandelt es die einzelnen Zweige der chemischen Industrie ganz ebenmäßig; es hat vorzugsweise französische Zustände im Auge, und ist im Ganzen auf einen viel engeren Raum zusammengedrängt, als der, welchen wir auf die vorliegende Bearbeitung zu verwenden gedenken. Ein in Anlage und Zweck von dem vorigen abweichendes Buch, das unter den größeren chemisch-technischen Werken — und nur von solchen kann hier die Rede sein — einen sehr hohen Rang einnimmt, ist das „Lehrbuch der chemischen Technologie von F. Knapp." Dasselbe ist zunächst zum Unterricht und Selbststudium bestimmt und verfolgt dies Ziel durch die glücklichsten Mittel einer einheitlichen Darstellung.

In dem Werke, das hier geboten wird, handelt es sich vor Allem um klare und vollständige Darlegung des heutigen Zustandes sämmtlicher auf Chemie gegründeter Gewerbe. Nur durch Theilung des mannigfaltigen und umfangreichen Stoffes unter verschiedene Bearbeiter kann die Zuversicht, dieser Aufgabe zu genügen, aufrecht erhalten werden. Kein Chemiker von Fach hat Gelegenheit oder Neigung genug, oder wenn auch beides, die nöthige Zeit, seine Aufmerksamkeit allen Parthien der chemischen Technik gleichmäßig zuzuwenden; dagegen fehlt es dem Einzelnen nicht an Berührungen mit diesen oder jenen Gewerben und an wissenschaftlicher und praktischer Betheiligung darin.

In der Natur des Stoffes liegen Gründe genug, einem derartigen Werke eine technologische und nicht eine chemische Anordnung zu geben; zu denselben gesellte sich der andere, daß es nur bei ersterer möglich wurde, einzelne Gruppen, wie sie im Gewerbsleben sich gestalten, an verschiedene Mitarbeiter zu vergeben, welchen ein näherer Einblick in dieselben ermöglicht ist.

Die Haupttendenz des Werkes: sich, wo immer es ohne Plattheiten angeht, der Praxis so nahe als möglich anzuschließen, erleidet gewiß keine Beeinträchtigung dadurch, daß man sich nicht damit begnügt, das Thatsächliche in einer festgestellten Ordnung nebeneinander zu stellen, sondern überall, wo es am Platze ist, die Mittel der Belehrung einflicht. Historische Rückblicke, Erläuterungen der Operationen des Praktikers und Zurückführung derselben auf theoretische Grundbegriffe, Kritik gegebener gewerblicher Zustände, kurz Alles, was das Buch zu einem lesbaren macht und es über das zum Nachschlagen allein brauchbare Compendium erhebt, rechnen wir zu den Hülfsmitteln, auf welche wir glauben nicht verzichten zu dürfen. Wenn wir trotz dieser Behandlung unserer Aufgabe das Buch dennoch nicht Lehrbuch nennen, so wird es ein solches hoffentlich doch sein gegenüber der ungemein großen Zahl angehender Techniker, wie gegenüber vielen schon in der Praxis stehenden Chemikern und Industriellen, welchen das Berufsleben nicht mehr gestattet, dem Entwickelungsgange der Wissenschaft mit aufmerksamem Blick in allen Theilen zu folgen.

Das ganze Werk wird in acht Bände, die meisten davon wieder in einzelne Gruppen, von denen wenigstens die größeren für sich allein verkäuflich sein sollen, zerfallen.

Es wird enthalten der Band I.:

Gruppe 1. (Bd. I.) **Die chemische Technologie des Wassers.** Es knüpfen sich an diesen wichtigsten und reichlichst verbreiteten Körper eine lange Reihe von chemisch-technischen Fragen — wie die chemische Zusammensetzung unserer Fluß- und Quellwasser und der Einfluß der Bestandtheile auf verschiedene gewerbliche Verwendungen, die Reinigungsmittel, die Wasserleitungen u. s. w. Alle diese Dinge sind in der ersten Gruppe abgehandelt. Das Wasser ist unter einem viel allgemeineren Gesichtspunkte aufzufassen als dem eines Nahrungsmittels, deshalb wurde demselben ein besonderer Abschnitt gewidmet. Einige Lehren aus der Physik, die in die chemischen Anwendungen des festen, tropfbaren und dampfförmigen Wassers einschlagen, wurden von dem Herausgeber in dieser ersten Gruppe, als derjenigen, welche den allgemeinsten Inhalt hat, auf den man sich in späteren Abhandlungen beziehen kann, erörtert.

Gruppe 2. (Bd. I.) **Beleuchtungswesen** — die Natur der Flamme, Leuchtmaterialien, Oele und Fette des Pflanzen- und Thierreichs, ihre Gewinnung und die Darstellung vervollkommneter Beleuchtungsmittel aus ihnen; Harze, mineralische Beleuchtungsmittel zur Gas- und Lampenbeleuchtung; die Darstellung von Kerzen, die Beleuchtungsapparate, die elektrische Beleuchtung, die Gasbeleuchtung, die Werthung der verschiedenen Beleuchtungsmittel und Beleuchtungsmethoden. Das Capitel elektrische Beleuchtung ist von Herrn Professor Wiedemann in Karlsruhe, das Uebrige von dem Herausgeber bearbeitet. Diese Gruppe ist in zwei Abtheilungen erschienen, von denen die zweite die Gasbeleuchtung in ihren verschiedensten Richtungen enthält.

Gruppe 3. (Bd. I.) **Heizung.** Heizungsmaterialien des Pflanzen- und Mineralreichs, Kohlen und Kokes, andere künstliche Heizungsmittel; Methoden zur vergleichenden Untersuchung ihres Werthes, Ergebnisse der wichtigsten Untersuchungsreihen über Heizeffecte; die Heizeinrichtungen; vom Herausgeber.

Der Band II. wird enthalten:

Gruppe 1 und 2. (Bd. II.) **Die Fabrikation der chemischen Producte,** soweit diese nicht in anderen Abschnitten abgehandelt werden, also im Ganzen das, was in den „chemischen Fabriken" im engeren Sinne dargestellt wird. Für diese Gruppen sind zwei Bearbeiter gewonnen; die chemischen Producte des Mineralreichs sind von Herrn Dr. Schwarzenberg, die chemischen Producte des Thierreichs von Herrn Dr. Hugo Fleck in Dresden bearbeitet. Die im Großen dargestellten chemischen Producte aus der Pflanzenwelt werden größtentheils in anderen geeigneten Abtheilungen untergebracht. Von der ersteren Gruppe ist die erste und zweite Lieferung erschienen; die letztere Gruppe ist bereits ausgegeben.

In Band III. wird abgehandelt werden:

Gruppe 1. (Bd. III.) **Die Fabrikation des Glases** von Dr. Stein, Professor der Chemie an der polytechnischen Schule zu Dresden; sie ist bereits ausgegeben.

Gruppe 2. (Bd. III.) **Die Fabrikation der Thonwaaren,** Porzellan, Steingut, Töpferei u. s. w. Die Bearbeitung dieser interessanten Gruppe hat Herr Dr. Prössel, der Dirigent einer großartigen Thonwaarenfabrik in Septe fontaine, übernommen.

Band IV. enthält **Nahrungsmittel,** und zwar:

Gruppe 1. **Bierbrauerei, Branntweinbrennerei und Liqueurfabrikation.** Von Herrn Professor Otto in Braunschweig; dieselbe ist bereits erschienen.

Gruppe 2. **Essigfabrikation, Zuckerfabrikation, Stärkefabrikation, Fabrikation des Stärkegummis, Stärkesyrups und Stärkezuckers, Butter- und Käse-Bereitung.** Von Herrn Professor Otto in Braunschweig. Dieselbe ist bereits ausgegeben.

Gruppe 3. **Weinbau und Weinbereitungskunde, sowie Bereitung des Obstweins und Krauts.** Von Herrn Medicinalrath Dr. Fr. Mohr in Bonn. Dieselbe ist bereits ausgegeben.

Gruppe 4. Die Conservirung der Speisen und die Technik einiger streng genommen nicht zu den Nahrungsmitteln gehörenden Genußmittel (z. B. Taback) werden der Hauptgegenstand dieser Gruppe sein. Weil sie gewerblich mit der Darstellung von Nahrungsmitteln verbunden sind, werden auch einige andere Industrien hier abzuhandeln sein, z. B. die Fabrikation von Röstgummi, Dextrin u. s. w.

Der Band V.

ist der **chemischen Verarbeitung der Pflanzen- und Thierfasern** gewidmet. Das Wesentlichste aus den Gewinnungsarten derselben und die damit vorzunehmenden Arbeiten, bis sie Handelswaare sind, wird in dieser Gruppe dargestellt, ferner die Bleicherei, die Natur der färbenden Substanzen, die Färberei, der Zeugdruck, das Appretiren ꝛc. Vom Herausgeber.

Der Band VI. umfaßt:

Gruppe 1. (Bd. VI.) **Die chemische Technologie der Baumaterialien** und Wohnungseinrichtungen. Ziegelbrennerei, Kalk, Cement, Gyps, Stucco, künstliche Steine, Holzconservirung, Bedachungsmittel, Firnisse und Anstrichfarben, Kitte u. s. w.; vom Herausgeber.

Gruppe 2. (Bd. VI.) **Die Darstellung der Seifen, Parfümerien und Cosmetica.** Von Dr. C. Deite, Chemiker und Dirigent der Potsdamer Stearin-Fabrik. Dieselbe ist bereits erschienen.

Gruppe 3. (Bd. VI.) **Das Schiesspulver** (mit Salpetersiederei), **die Zündhütchenfabrikation,** Feuerwerkerei (mit Ausschluß der Lustfeuerwerkerei), **Zündwaarenfabrikation.** Letztere von Wladimir Jettel, Werkführer in Clausthal am Harz; bereits erschienen.

Gruppe 4. (Bd. VI.) **Lederbereitung, Kautschukwaaren und Guttapercha.**

Gruppe 5. (Bd. VI.) **Die chemische Technik der graphischen Künste,** d. h. Schreib- und Zeichnungsmaterialien, die chemischen Hülfsmittel der Typographie, Lithographie, Galvanoplastik, Photographie, die Malerfarben, die verschiedenen Bindemittel, deren sich die Malerei bedient, Fresco, Enkaustik, Stereochromie u. s. w.

Die Bände VII. und VIII. werden enthalten:

Die Metallurgie und zwar in Bd. VII. **die Gewinnung der Metalle;** in Bd. VIII. **die Verarbeitung der Metalle durch chemische Hülfsmittel.** Die Bearbeitung dieser Bände hat Herr Professor Dr. Stölzel zu München übernommen.

Die Waarenkunde, sowohl der Rohstoffe als Producte, wird überall gebührend berücksichtigt werden, die vorkommenden Verfälschungen und Verunreinigungen, sowie die Mittel zu deren Erkennung dürfen nicht unberührt bleiben. Bei Industrien und Gewerbsarten, in welchen es angeht, ohne sich in allzu viele Details zu verlieren, werden die ökonomischen und administrativen Hauptmomente des Betriebs angegeben werden. Jedem Abschnitt ist eine Liste von literarischen Nachweisen über die wichtigsten Werke und Abhandlungen, woraus geschöpft worden, beigegeben.

Die Vereinigung Mehrerer zu dem Unternehmen hat es möglich gemacht, daß gleichzeitig mehrere Gruppen fertig wurden und ausgegeben werden können. Diese Vereinigung der Kräfte giebt ferner Gewähr für das regelmäßige Erscheinen der noch nicht fertigen Parthien, da sowohl die Herren Verfasser wie die Verlagshandlung unablässig daran arbeiten.

Specielle Inhalts-Uebersicht

zum

siebenten und achten Bande.

Die Metallurgie.

Von

Dr. C. Stölzel,

Professor an der Königl. Bayerischen polytechnischen Schule zu München.

Nach dem Plane, welcher Bolley's Handbuch der chemischen Technologie, wovon die vorliegende Arbeit einen Bestandtheil bildet, zu Grunde liegt, werden die beiden letzten Bände des Werkes die Metallgewinnung und die Metallverarbei-

tung durch vorwiegend chemische Hülfsmittel enthalten. — Es ist hierdurch unmittelbar die Umgränzung angedeutet, die man sich für Bearbeitung des weiten Gebietes der Metallurgie gesteckt hat, und daß es nicht die Absicht sein kann, auf so beschränktem Raume den umfangreichen Gegenstand in ähnlicher Weise wie in größeren dafür bestimmten Specialwerken, von denen gerade unsere deutsche Literatur Vorzügliches aufzuweisen hat, erschöpfen zu wollen. Gestützt auf praktische Erfahrungen und Anschauungen soll die Technologie der Metalle möglichst gedrängt zusammengefaßt und ein deutliches Bild derselben gegeben werden, welches sich einerseits nicht in zu weit gehende Details verliert und andererseits doch keine wesentliche Charakterzüge vermissen läßt.

Zur besseren Orientirung lassen wir hier die Anordnung der beiden Bände, welche den metallurgischen Theil des Handbuches der chemischen Technologie bilden, folgen.

Band VII.

Gewinnung der Metalle.

1. Abschnitt. Das chemische und physikalische Verhalten der Metalle.
2. Abschnitt. Allgemeiner Theil der Metallgewinnung.
   Rohmaterialien, Producte und Abfälle: Erze — Zuschläge und Flüsse — Brennmaterialien — Hauptproducte, Steine, Leche, Schlacken u. s. w.
   Die mechanisch-metallurgischen Processe: Aufbereitung der Erze, Zerkleinerungs-, Mengungsarbeiten u. s. w.
   Die chemisch-metallurgischen Processe: Rösten, Schmelzen u. s. w.
   Die bei chemisch-metallurgischen Processen angewandten Apparate: Oefen, Gebläse.
3. Abschnitt. Specieller Theil der Metallgewinnung.
   Gewinnung von Eisen, Kupfer, Zink u. s. w.

Band VIII.

Verarbeitung der Metalle.

4. Abschnitt. Die Legirungen.
   Darstellung und Verwendung derselben. — Silber- und Goldlegirungen, Messing, Bronze, Argentan u. s. w.
5. Abschnitt. Die Gießerei.
   Förmerei und Formmaterialien im Allgemeinen. Eisen-, Messing-, Zinkguß u. s. w. im Besonderen.
6. Abschnitt. Darstellung von Blechen, Folien und verwandten Gegenständen.
7. Abschnitt. Darstellung von Drähten, Röhren und verwandten Gegenständen.
8. Abschnitt. Galvanoplastik und galvanische Ueberzüge.
9. Abschnitt. Schweißen, Löthen und Kitten.
   Schweißpulver, Löthmittel, Löthapparate u. s. w.
10. Abschnitt. Verschönerung und Verzierung der Metallarbeiten.
   Beizen. Schleifen und Poliren. Ueberzüge auf mechanischem oder chemischem Wege, Verzinnen, Verzinken u. s. w., Brüniren, Schwärzen, Emailliren u. s. w., Schutzmittel gegen Rost, Putzmittel.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

Handbuch
der
chemischen Technologie.

In Verbindung
mit
mehren Gelehrten und Technikern bearbeitet,
und herausgegeben
von

Dr. P. Bolley,
Professor der technischen Chemie am Schweizerischen Polytechnikum in Zürich.

Nach dem Tode des Herausgebers fortgesetzt
von

Dr. K. Birnbaum,
Professor der technischen Chemie an der polytechnischen Schule zu Carlsruhe.

Acht Bände,
die meisten in mehre Gruppen zerfallend.

Sechsten Bandes erste Gruppe:
Die chemische Technologie der Baumaterialien und Wohnungseinrichtungen.

Erste Abtheilung:
Chemische Technologie des Holzes als Baumaterial.

Mit Kupfertafeln und in den Text eingedruckten Holzstichen.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1872.

#

Chemische

Technologie des Holzes

als

Baumaterial.

Von

Dr. Adolf Mayer,
Privatdocent der Agriculturchemie an der Universität Heidelberg.

Mit in den Text eingedruckten Holzstichen.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1872.

Vorwort.

Herr Professor Birnbaum in Karlsruhe, nach dem Tode des Begründers des Handbuchs der chemischen Technologie von der Verlagsbuchhandlung mit der Redaction dieses umfassenden Werkes betraut, hat den Verfasser des vorliegenden Abschnitts zur Uebernahme dieser Arbeit veranlaßt.

Derselbe wurde hierbei von dem Gesichtspunkte geleitet, daß für die Behandlung der „chemischen Technologie des Holzes als Baumaterial" ein Chemiker gewonnen werden müsse, der einerseits pflanzen-anatomische und physiologische Studien gemacht habe, andererseits mit dem praktisch wichtigsten Theile der chemischen Technologie des Holzes, nämlich mit den Methoden der Holzconservirung, einigermaßen vertraut sei.

Diese Gesichtspunkte treffen nun allerdings bei dem Verfasser des vorliegenden Abschnitts ungefähr zu. Derselbe hat sich als Agrikulturchemiker mit Pflanzen-Chemie und -Physiologie, wenn auch nicht gerade mit Pflanzen-Anatomie vielfach befaßt und hat sich zugleich als mehrjähriger Kyanisirungschemiker der großherzoglich badischen Eisenbahnen mit einer der wichtigsten Imprägnirungsmethoden und ihren Erfolgen für die Conservirung der Hölzer wohl bekannt gemacht.

Trotzdem hat der Verfasser bei Bearbeitung des Werkchens häufig die Unzulänglichkeit seiner Kenntnisse und seines Urtheils empfunden, wenn es sich darum handelte, so verschiedenartige Thatsachen, die sonst nur getrennt in den Köpfen von Forstleuten, von Botanikern, Chemikern und praktischen Ingenieuren eine heimische Stätte zu haben pflegen, in einem engen und einheitlichen Rahmen zusammenzufassen. Und es war schließlich nur die Meinung, daß die geschilderte Schwierigkeit für die meisten Anderen noch im erhöhtern Maßstab sich geltend gemacht haben würde, und daß eine unvollkommene Leistung darum noch keine unnütze sei, welche ihm die Feder immer wieder

in die Hand zwang und ihn veranlaßte, die in sich so wenig befriedigende Arbeit fortzusetzen.

Unbefriedigend im wissenschaftlichen Sinne muß eine Arbeit wie die vorliegende namentlich schon deshalb sein, weil die eigentliche theoretische Begründung der mitzutheilenden praktisch wichtigen Sätze und Regeln eine so überaus unvollkommene ist. Die ganze Chemie des Holzes, die der Natur der Dinge nach den Schwerpunkt eines Werkes wie des vorliegenden bilden müßte, ist eine unsäglich ärmliche, so daß wenige Seiten zu ihrer erschöpfenden Behandlung genügen, und technische Vortheile aus den in ihr aufgestellten Gesichtspunkten keineswegs entspringen; und Aehnliches läßt sich fast von jedem einzelnen theoretischen Capitel über den fraglichen Gegenstand sagen. Dennoch ist eine solche Zusammenstellung, wie sie im vorliegenden Werkchen gegeben ist, eine für viele Interessenten des behandelten Gebiets nützliche, ganz abgesehen davon, daß hierdurch die vorhandenen Lücken erst recht fühlbar werden, und somit voraussichtlich Veranlassung zur Ausfüllung derselben durch experimentelle Arbeiten gegeben wird; und so hat der Verfasser doch einige Befriedigung in dem Bewußtsein einer nothwendigen Leistung gefunden.

Möchten die berührten Punkte auch bei der Beurtheilung des Werkchens ihre Berücksichtigung finden.

Heidelberg, im October 1872.

Adolf Mayer.

Inhaltsverzeichniß.

Die Conservirung des Holzes.

Anhänge.

Einleitung.

Welche Eigenschaften es sind, die den Hölzern im Allgemeinen einen so hervorragenden Werth als Baumaterial verleihen, ist kaum nöthig hervorzuheben. Das Holz verbindet namentlich mit einer großen specifischen Leichtigkeit eine sehr bedeutende Festigkeit; es kann daher, als Balkenconstruction verwendet, stützen und tragen, ohne selbst andere Gebäudetheile allzusehr zu belasten. Die Bearbeitung der rohen Stämme zu Balken ist äußerst einfach, der Transport derselben verhältnißmäßig leicht. Dabei ist die Production des Holzes in nicht sehr dicht bevölkerten Ländern wohlfeil. Erst mit dem Anwachsen der Bevölkerung und dem Steigen der Grundrente pflegen andere Materialien von ähnlichen baulichen Eigenschaften mit dem Holze wirksam zu concurriren. Die Grundstücke werden so weit als möglich für die Production von Lebensmitteln vom Ackerbau in Anspruch genommen, und die Wälder werden bis auf den Procentsatz zurückgedrängt, in welchem sie zur Erhaltung wohlthätiger klimatischer Verhältnisse unumgänglich nothwendig erscheinen. Dann erst macht das Eisen, dessen Werth fast nur aus in diesen Perioden verhältnißmäßig billigen Arbeitslöhnen zusammengesetzt ist, dem Holze, das die theuere Bodenrente zu tragen hat, den Rang als vorzüglichstes constructives Element der Bauten mit Erfolg streitig. Die einzelnen technisch vortheilhaften und nachtheiligen Eigenschaften des Holzes werden wir im Laufe unserer Darstellung eingehend zu beleuchten haben; hier im Eingang genügt der einfache Hinweis auf seine Nutzbarkeit.

Histologische Begriffsbestimmung von „Holz“.

Die drei pflanzlichen Gewebegruppen der Stengelorgane.

1 Es kann sich für unsern Zweck nicht darum handeln, eine völlig erschöpfende Definition derjenigen Gewebeformen, welche der Pflanzenanatom als „Holz“ bezeichnet, zu geben; wir begnügen uns vielmehr damit, diejenige Substanz, die man nach einem völlig congruenten Sprachgebrauch im gewöhnlichen Leben sowohl als auch in der Technik „Holz“ benennt, histologisch zu definiren. Es werden nämlich in der Pflanzenanatomie unter Holz eine Reihe von Zellpartien verstanden, die ihrer Entstehungsweise nach sowie nach ihrer Structur und ihren physiologischen Functionen gewisse genau übereinstimmende Merkmale zeigen, gleichviel ob dieselben sich zu einem größern, bis zu einem gewissen Grade in sich homogenen Gewebskörper abschließen, oder ob dieselben nur einen mikroskopischen Querschnitt ausfüllen, während für die gröberen Sinne des gewöhnlichen Lebens nur im erstern Falle von eigentlichem Holze die Rede ist. Es ist dies ein ganz ähnliches Verhältniß, wie auch der Laie nur von „Fleisch“ spricht, wenn er größere gleichförmige Partien von Muskelgeweben vor sich hat, und das Vorhandensein einer analogen Gewebeform für die spärlicher verbreiteten glatten Muskelfasern kaum zugestehen wird.

Dies vorausgeschickt, läßt sich das Holz definiren als *der in den Axentheilen von Pflanzen befindliche cylindrische Körper, dessen Bildung von einem continuirlichen Cambiumring aus nach innen zu erfolgt ist.* — Einige Erläuterungen werden dazu beitragen, den Sinn dieser Definition klarzulegen.

Bei allen höheren Pflanzen, mit denen wir es bei der Erörterung des Begriffs „Holz“ ausschließlich zu thun haben, sind die zelligen Elementarorgane dermaßen differenziirt, daß ein Ueberblick über dieselben nur erlangt werden kann durch ein Zerlegen des ganzen Pflanzenkörpers in verschiedene *Gewebesysteme*. Die Eintheilung der Gewebeschichten, welche den meisten Boden sich errungen hat,

ist die in ein Hautsystem, ein Strangsystem und in ein System des Grundgewebes. Diese drei Gewebesysteme sind nun aber keineswegs innerhalb ihrer selbst anatomisch gleichartig, etwa nur eine einzige Zellenform und diese ausschließlich enthaltend; nein, ein jedes dieser Gewebesysteme kann aus einer Mehrheit von Elementen bestehen, ja, mehrere Zellenformen sind zwei oder drei Gewebesystemen gemeinschaftlich. Die Eintheilung geschieht mit anderen Worten nicht bloß nach der Form der Gewebselemente, sondern theilweise nach deren entwicklungsgeschichtlichem Ursprung.

Neben dieser Eintheilung in Gewebesysteme läuft nun noch nothwendig eine andere Eintheilung derselben zelligen Elemente nebenher, die es nur rein mit deren mikroskopischen Charakteren, nicht aber mit deren relativen Lage, deren Gruppirung zu Organen oder mit deren Entwickelungsweise zu thun hat — eine Eintheilung (wie man sich ausdrücken kann) in Gewebeformen. Man spricht in diesem Sinne von einem Theilungsgewebe oder Meristem, und versteht darunter einen jeden Zellencomplex, dessen Elemente noch der Vermehrung durch Theilung fähig sind. Diese Gewebeform kann wieder Bestandtheil eines jeden der drei genannten Gewebesysteme, des Hautsystems, des Strangsystems und des Grundgewebes, sein. Man spricht dann als von einer weitern wichtigen Gewebeform, vom Parenchym, worunter man eine Gruppe von dünnwandigen polygonalen Zellen versteht, die in drei auf einander senkrechten Richtungen in ähnlicher Weise aneinander gereiht sind, und die ebenso wieder Bestandtheil eines jeden Gewebesystems sein können. Unter Prosenchym versteht man dagegen einen Zellencomplex, dessen Elemente in einer Richtung bedeutend ausgedehnter als in den beiden anderen, und in dieser Richtung zugespitzt sind. In neuerer Zeit unterscheidet man ein Sclerenchym, dessen Zellen sowohl parenchymatisch als prosenchymatisch sein können, und für welches eine Verdickung der Zellwandungen und daher eine gewisse Härte charakteristisch ist. — Man sieht also zugleich, daß die Definitionen der Gewebeformen sich theilweise decken können, was bei den Gewebesystemen nicht der Fall sein kann.

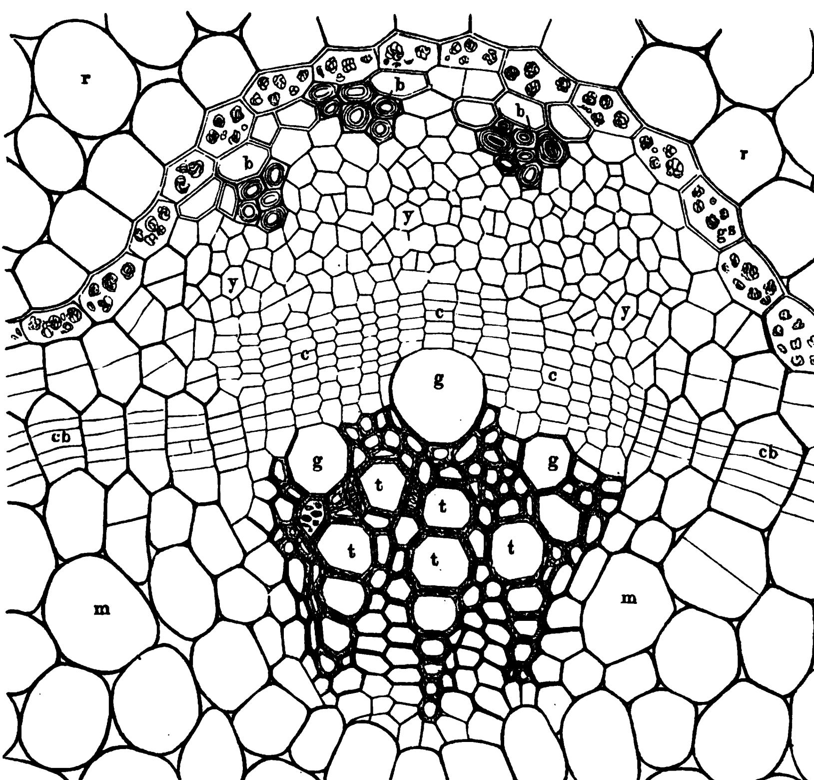
Nach der Klarlegung dieser Begriffsbestimmungen können wir zu einer skizzenhaften Darstellung von der Bedeutung der einzelnen Gewebesysteme übergehen, von welcher eine oberflächliche Vorstellung unentbehrlich ist zum Verständniß der Entstehung des Holzkörpers und unserer vorhin gegebenen Definition.

Das Hautsystem. Zu dem Hautsysteme gehören bei den höheren Ge- 2
wächsen nicht bloß die äußerste, den Pflanzenkörper nach außen hin abgrenzende Zellschicht, die Epidermis mit ihren verschiedenen Bildungen (Haare, Spaltöffnungen), sondern namentlich bei in die Dicke wachsenden Pflanzentheilen noch ausgedehntere, unter jener liegende Gewebeschichten, so vor Allem der Kork. Die Korkzellen, deren chemische Differenzen von anderen Gewebeformen wir bald hervorzuheben haben werden, sind für Feuchtigkeit fast ganz undurchdringlich und auch gegen die Diffusion von Gasen außerordentlich widerstandsfähig. Wir werden später sehen, wie sich auf dies Verhalten eine Reihe der Eigenschaften berindeter Stämme zurückführen läßt. Hier möchte ich nur hervorheben, wie dasselbe Verhalten daran Schuld ist, daß eine Ernährung von außerhalb einer Korkschicht gele-

genen Zellpartien eine Unmöglichkeit ist, daher dieselben nothwendig vertrocknen müssen und dem Tode verfallen. Wir brauchen nun nur noch hinzuzusetzen, daß die Korkbildung häufig innerhalb der beiden anderen Gewebesysteme um sich greift, also daß beträchtliche Theile von zu jenen gehörigen Zellpartien auf diese Weise abgetrennt werden können und dann verdorren. Auf diese Weise entsteht z. B. die Borke an dem Umfange des Stammes und der Aeste unserer Bäume, woraus hervorgeht, daß dieses technisch wichtige Gebilde zwar durch die Wucherung eines Theils des Hautsystems in seiner Entstehung veranlaßt wird, aber keineswegs schlechthin seinem ganzen Umfange nach als ein Hautgebilde aufgefaßt werden darf.

3 **Das Strangsystem.** Das Strangsystem besteht aus den sogenannten Gefäßbündeln (neuerdings auch Fibrovasalstränge genannt), welche ihrerseits sehr verschiedenartige Gewebeformen in sich vereinigen (siehe Fig. 1). Am wichtigsten ist namentlich auch für unsern Zweck deren Eintheilung in Phloëm und Xylem, die sich

Fig. 1.



Querschnitt eines Gefäßbündels aus einem Stengel von Ricinus communis; *t* Rindenparenchym; *m* Markparenchym, beide dem Grundgewebe angehörend; *b* Bastzellen; *y* Phloëmtheil mit dünnwandigen Zellen; *c* und *cb* Cambium; *g* und *t* getüpfelte Gefäße des Xylemtheils, zwischen ihnen verdickte Holzzellen. Copie nach Sachs.

zu beiden Seiten des zwischen ihnen liegenden Meristems durch fortwährende Neubildung dieses Zellencomplexes bilden. Das Meristem der Gefäßbündel heißt Cambium, von welchem wir schon ausgesagt haben, daß die Bildung des Holzes von ihm vollzogen werde.

Das Phloëm ist entweder ein dünnwandiges Parenchym, oder es besteht theilweise aus langgestreckten Gitterzellen oder Siebröhren, die aber gleichfalls dünnwandig und saftreich sind. Von stark verdickten Zellen werden im Phloëm überhaupt nur Bastzellen (und auch diese nicht regelmäßig) aufgefunden, Zellen, die ihre Verdickung keineswegs einer „Verholzung“ *) verdanken, wie schon aus ihrer Biegsamkeit hervorgeht. Auf die chemische Ursache dieser Unterschiede werden wir später noch aufmerksam zu machen haben.

Das Xylem, welches auf der entgegengesetzten Seite des thätigen Cambiums erzeugt wird, besteht ganz im Gegentheil aus in der Regel stark verdickten und zwar verholzten meistens prosenchymförmigen Zellen oder aus Gefäßen. Letztere verlieren regelmäßig, erstere, wenn sie mit gehöften Tüpfeln versehen sind, ihren Zellinhalt und werden lufthaltig.

Das zwischen diesen beiden so verschiedenen Gewebeformen liegende Cambium büßt in manchen Fällen von einem gewissen Zeitpunkte an seine Fähigkeit, Neubildung durch Zelltheilung zu vollziehen, ein, geht also als solches verloren. In diesem Falle heißen die Gefäßbündel geschlossene; diejenigen mit fortbildungsfähigem Cambium dagegen nennt man offene.

Wir haben uns bis jetzt damit begnügt zu sagen, daß die beiden verschiedenen Gewebeformen der Gefäßbündel sich örtlich gegenüberliegen, ohne anzugeben, in welcher Richtung Phloëm und Xylem bezüglich Centrum und Peripherie des betreffenden Axentheils zu liegen pflegen. Allgemein redend war diese Ausdrucksweise auch nothwendig, indem die relative Lage der beiden Gewebeformen in den verschiedenen Pflanzenclassen eine sehr mannigfaltige ist. Nur indem wir uns specialisiren auf die im engern Sinne des Worts holzerzeugenden Classen ist eine nähere Bezeichnung möglich, indem die Dikotylen und Coniferen (mit kaum erwähnenswerthen Abweichungen) das Xylem stets nach dem Innern, das Phloëm nach der Peripherie der Axentheile zu erzeugen.

Das Grundgewebe. In dritter Linie haben wir unter den Gewebe- 4
systemen das Grundgewebe unterschieden. Die Begriffsbestimmung für dasselbe ist einfach der Rest der nicht in den anderen Systemen aufgenommenen Gewebeformen. Auch in diesem Systeme kommen die mannigfaltigsten Zellenformen vor. — Das Grundgewebe spielt bei manchen der niederen Pflanzenclassen eine ganz überwiegende Rolle; bei den von uns in’s Auge gefaßten höheren Gewächsen erfüllt es die Zwischenräume der Gefäßbündel und ist wie diese natürlich umschlossen von dem Hautgewebe. In allen Fällen jedoch, wo es zur Bildung eines eigentlichen zusammenhängenden Holzkörpers kommt, tritt es, wie wir sogleich näher auszuführen haben werden, mehr und mehr zurück.

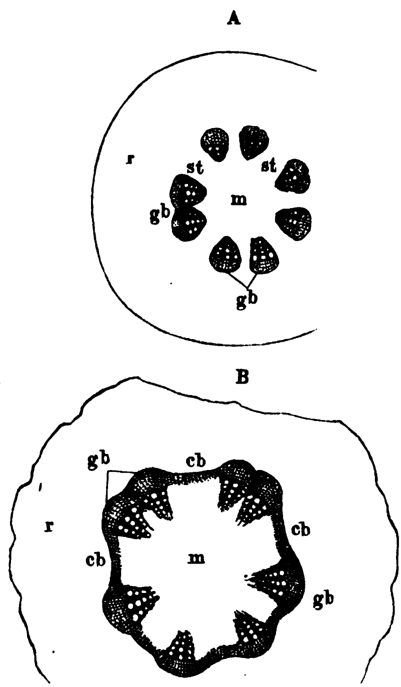
---

*) Siehe über diesen Begriff weiter unten S. 15, 16.

Bildung des Holzkörpers.

5 Nachdem wir auf diese Weise die drei Gewebesysteme skizzirt haben, sind wir im Stande, die Bildung des Holzkörpers zu verstehen. Die Gymnospermen und Dikotylen, denen ja unsere sämmtlichen Holz erzeugenden Bäume angehören, zeigen nämlich in der Lage ihres Cambiums eine auffällige Gemeinschaftlichkeit, während die Monokotylen hiervon bedeutende Abweichungen darbieten und sich in diesem Punkte eher den Gefäßkryptogamen zuneigen. In ganz jugendlichen Axentheilen allerdings finden wir übereinstimmend bei Gymnospermen und Dikotylen wie bei den Monokotylen zwischen den concentrisch angeordneten Gefäßbündeln radiale Schichten des Grundgewebes, die Mark und Rinde mit einander verbinden. Es sind dies die sogenannten **primären Markstrahlen** (siehe Fig. 2A.). Aber bald ändert sich die Sache bei den beiden erstgenannten Pflanzenclassen, indem das fortbildungsfähige Cambium die Zwischenräume der Gefäßbündel überbrückt und auf diese Weise das Mark von der Rinde plötzlich trennt (siehe Fig. 2B.) und zwar durch eine Zwischenwand, die in sich selbst die Fähigkeit trägt, sich durch Neubildung fort und fort zu verdicken. Was nun noch von radialen Zellreihen in dem ausschließlich vom Cambium hervorgebrachten Gewebe vorhanden ist, sind **secundäre Markstrahlen**, und diese gehören dem jetzt continuirlichen Gewebesystem der Gefäßbündel an. Wir haben also von dem fraglichen Stadium an, das in den Axentheilen der genannten Gewächse schon im ersten Jahre eintritt, einen **zusammenhängenden Cambiumring**, der nun unausgesetzt nach dem Centrum des Axentheils zu Xylem, nach außen zu Phloëm bildet, während er selbst in Folge dieses Processes fortdauernd sich erweitert. Was in einem auf diese Weise sich verdickenden Stamme innerhalb des Cambiumrings liegt — und dies ist ja der Cylinder, der im gewöhnlichen Leben als Holz bezeichnet wird —, besteht also seiner überwiegenden Masse nach aus secundärem

Fig. 2.



Querschnitte durch junge Stengel von Ricinus communis, *A* während, *B* am Ende der Krümmung; *m* Mark; *r* Rinde; *st* primäre Markstrahlen; *gb* Gefäßbündel; *cb* Ueberbrückungen der Markstrahlen durch den Gefäßbündeln angehörendes Theilungsgewebe, dem spätern Cambium entsprechend und dann Phloëm und Xylem erzeugend. Copie nach Sachs.

(nach der Verbindung der Gefäßbündel gebildetem) Xylemgewebe. Nur ganz im Innern bleibt ein verschwindender Rest von Mark, aus Grundgewebe bestehend, zurück, in welches noch die primären Xylembündel getrennt eingelagert sind. Man braucht sich nur in Fig. 2 (oder auch in Fig. 1) die Schicht *cb* unmäßig verdickt zu denken, so sieht man sich Rinde und Mark immer weiter von einander entfernen und erhält eine zutreffende Vorstellung von dem eben geschilderten Vorgange der Holzentstehung.

Diese ganze Darstellung gilt wie gesagt nur für die Gymnospermen und Dikotylen, welche allein eine derartige Ueberbrückung des Zwischenraumes der Gefäßbündel zeigen. Bei den Monokotylen und bei den Gefäßkryptogamen verhält sich die Sache anders. Hier bleiben auch im spätern Alter die Gefäßbündel isolirt in das Grundgewebe eingelagert, und so erhellt ohne Weiteres, warum der Stamm eines Farrenkrauts, eines Grases, einer Palme kein continuirliches Dickenwachsthum zeigen kann. Für

Fig. 3.

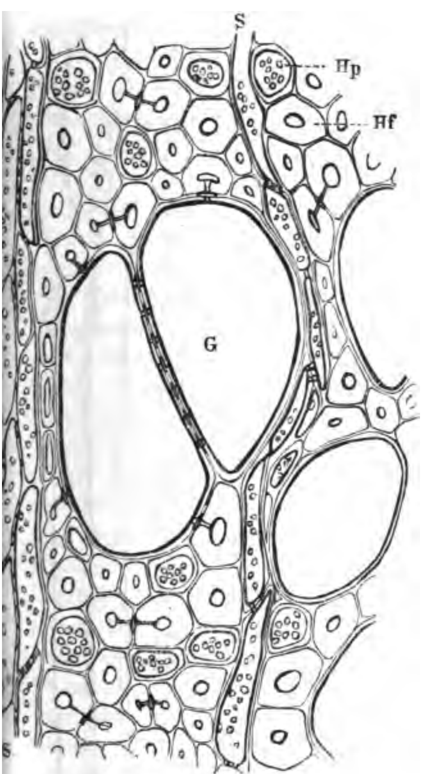
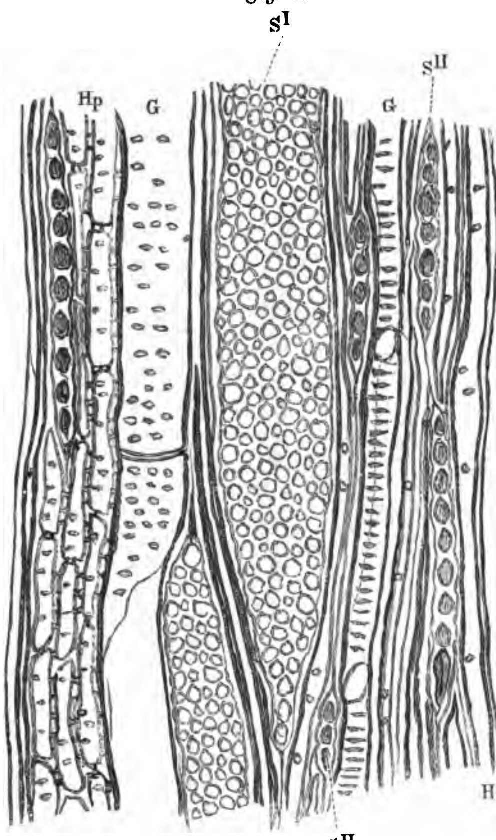


Fig. 4.



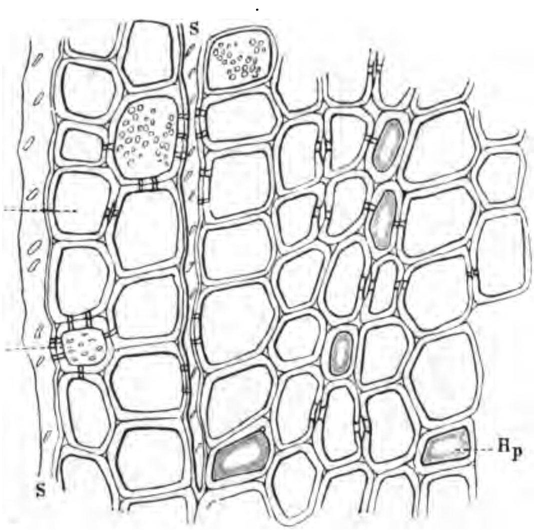
Mikroskopische Schnitte durch das Holz der **Fagus sylvatica.** Fig. 3. Querschnitt, 400fache Vergröß.; Fig. 4. Tangentialschnitt, 200fache Vergr.; *G* getüpfelte Holzgefäße; *S* Markstrahlen und zwar *S'* breitere, *S''* schmälere Markstrahlen; *Hp* Holzparenchym, *Hf* stark verdickte Holzzellen; nach Dippel.

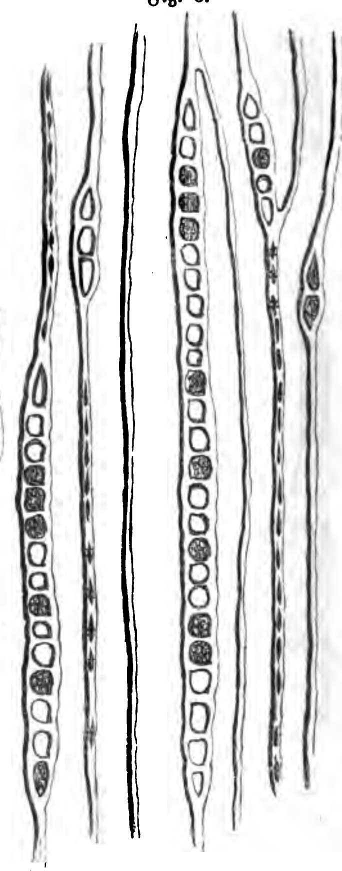
unsern Zweck genügt diese kurze Bemerkung, und wir wenden uns zu den Unterschieden in der Holzbildung zwischen den Gymnospermen, denen unsere Nadelhölzer angehören, und den Dikotylen, zu welcher Classe alle unsere Laubbäume zählen, Unterschiede, auf welchen die mikroskopische Unterscheidung dieser beiden Holzclassen basirt.

Das Xylemgewebe des Cambiumrings, also das Holz, besteht bei den Gymnospermen wesentlich aus langgestreckten prosenchymatischen Zellen, deren Längsrichtung parallel der Axe des betreffenden Stammtheils läuft. Dazwischen befinden sich bei den Coniferen schmale Markstrahlen (Zellenreihen, die radial verlaufen), die oft nur aus einer einzigen Zellenreihe (in horizontaler Richtung gerechnet) bestehen, während bei einer andern den Gymnospermen zugehörigen Ordnung, die weniger Interesse für uns besitzt, breitere Strahlen vorkommen, wodurch dem Holzgewebe ein ganz anderer Charakter verliehen wird. Das Holz der Dikotylen zeichnet sich dagegen aus durch das Vorhandensein kurzgliedriger weiter Gefäße, die den Gymnospermen fehlen, und welches jenem einen unregelmäßigeren Charakter aufprägt.

Fig. 6.

Fig. 5.





Mikroskopische Schnitte durch das Holz der Abies pectinata. Fig. 5. Querschnitt, 400fache Vergr.; Fig. 6. Tangentialschnitt, 150fache Vergr.; S Markstrahlen; nach Dippel.

Sodann kann die Verschiedenartigkeit in der Form und dem Vorkommen der Tüpfel als entscheidendes Merkmal zwischen den beiden großen Gruppen von Holzarten dienen. Unter Tüpfeln versteht der Pflanzenanatom jene meistens rundlichen Stellen der Zellwand, wo dieselbe keine nachträgliche Verdickung erfahren hat, und die offenbar eine Zeitlang dem osmotischen Austausch der Flüssigkeiten zweier benachbarten Zellen dienen. Schon aus diesem letzteren Umstande folgt, daß die Tüpfel zweier solcher Zellen einander entsprechen und theilweise auf einander fallen müssen, so daß die Zellwand an dieser Stelle in der That von außerordentlicher Zartheit und leicht zerstörbar ist. So ist es denn begreiflich, daß solche Tüpfel in einem spätern Stadium nach Verlust des Zellsaftes leicht zu wirklichen Löchern werden, durch welche zwei benachbarte Zellen mit einander anastomosiren. — Bei den *Coniferen* besitzen nur die prosenchymatischen Holzzellen sehr *schön kreisrund ausgebildete Tüpfel*, die sich auf den den Markstrahlen zugekehrten Wandungen befinden und daher im Radialschnitt en face, im Tangentialschnitt im Profile sichtbar sind. Die Tüpfel der *dikotylen Hölzer* sind weit *unregelmäßiger* von Vorkommen, Gestalt und Anordnung.

Besser aber als durch Beschreibung wird der Bau der beiden Hauptarten von Hölzern durch Illustrationen erhellen, und deshalb wurden die Zeichnungen mikroskopischer Schnitte durch das Holz der Buche und der Tanne hier mitgetheilt (Fig. 3, 4, 5, 6).

Physiologische Functionen des Holzes.

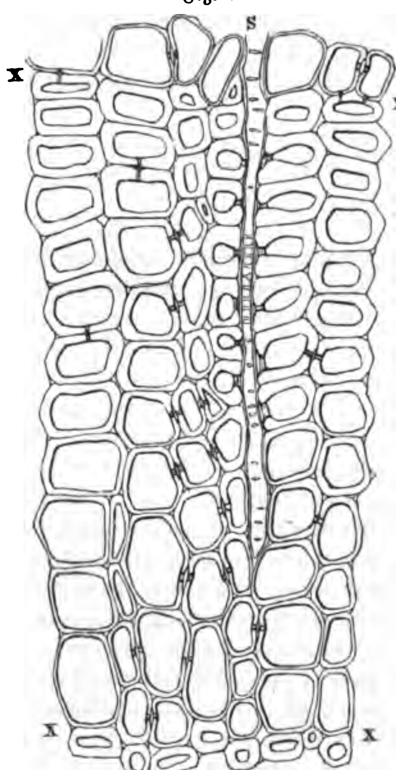
Auf die Details der anatomischen Unterschiede zwischen den einzelnen Holz- 6
arten werden wir erst später bei einer Specialbeschreibung derselben eingehen. Hier nur noch Einiges bezüglich der *physiologischen Functionen* des Holzkörpers, soweit sie für unsere Aufgabe in Betracht kommen. Das fertig gebildete Holz spielt nämlich physiologisch eine sehr abweichende Rolle von den übrigen Gewebeformen. Wir haben schon angeführt, daß Holzgefäße und Holzzellen nach einiger Zeit häufig durch ihre Tüpfel nach Zerstörung der dort restirenden primären Zellwandungen anastomosiren. Dies ist aber schon ein Zeichen dafür, daß das eigentliche Leben mit dem Zellprotoplasma, an das jenes unabänderlich geknüpft erscheint, aus dem Holzgewebe verschwunden ist, oder mit anderen Worten, daß diejenigen Lebenserscheinungen, welche sich noch in dem fertig gebildeten Holzgewebe vollziehen, im Wesentlichen mechanisch erklärt werden und künstlich nachgeahmt werden können. Denn wo verschiedene Zellen einmal nach Zerstörung der sie trennenden Wandungen mit einander communiciren, da sind nothwendig die ihrer Ursächlichkeit nach so dunklen Eigenschaften des stickstoffhaltigen Zellsaftes vernichtet. — So ist es auch mit dem fertigen Holze. Ursprünglich hervorgegangen aus der Zellbildung des protoplasmareichen Cambiums, verlieren seine Zellen bald den stickstoffhaltigen Inhalt (vgl. später den geringen Stickstoffgehalt des Holzes in den mitgetheilten Analysen) und damit die Fähigkeit zu wachsen, sich zu theilen und überhaupt Neubildungen zu vollziehen; — das ältere Holz ist gewissermaßen ein todter Körper. Seine Zellen bilden nun ein ausgedehntes capillares

Röhrensystem, das keiner andern Function mehr dient, als der Leitung von Wasser von der Wurzel in die Krone des Baumes, ein Verhältniß, das sogar experimentell (durch Unterbrechung der betreffenden Gewebspartien) nachgewiesen werden konnte.

Es ist einleuchtend, daß diese Thatsache auch für die technische Verwendung des Holzes von Wichtigkeit ist, insofern nämlich einerseits das Schwinden des protoplasmatischen Zellsaftes demselben eine vor anderen pflanzlichen Geweben es auszeichnende Unveränderlichkeit zersetzenden Einflüssen gegenüber verleiht, insofern dann andererseits der Holzkörper bis zu einem gewissen Grade in dem Baume zerstört werden kann, ohne dessen weitere Vegetation absolut unmöglich zu machen (was für die Gewinnung großer Stücke Nutzholzes von negativer Wichtigkeit ist), und insofern endlich die Durchdringbarkeit des Holzes für wässerige Flüssigkeiten für die Imprägnirungsmethoden sehr in Betracht kommt.

Fig. 7.

7



Querschnitt durch das Holz von Pinus sylvestris. Unten bei x liegt die Grenze eines Jahresrings; dann beginnt nach oben zu dünnwandiges Frühlingsholz, das dann weiter gegen die zweite Jahresgrenze x in dickwandiges Herbstholz übergeht; nach Dippel.

Die Jahresringe.

Wir haben weiter, ehe wir mit dem allgemeinen Theil der Beschreibung des Baues des Holzkörpers abschließen, noch einer Structureigenthümlichkeit Erwähnung zu thun, die wenigstens in allen Klimaten von periodisch sich ändernden Witterungszeiten für das Holz charakteristisch ist; — ich meine natürlich die concentrische Abtheilung des Holzkörpers in sogenannte Jahresringe. Einem jeden Kinde ist diese schichtenweise Anordnung, wie sie sich auf dem Querschnitte durch den Holzkörper eines beliebigen durch einen continuirlichen Cambiumring wachsenden Baumes zeigt, bekannt, und ebenso, daß ein jeder Ring des Querschnitts dem Holzzuwachs eines Jahres entspricht. Nichts ist nun leichter, als die Entstehungsweise dieser Anordnung begreifen zu lernen. Man braucht sich nur klar zu machen, daß verschiedene Jahreszeiten mit ihrem verschiedenen Wasserreichthum und namentlich mit ihren verschiedenen Temperaturen der Production der organischen Substanz in den Blättern und deren Niederlegung in

Form von neuen Holzzellen sehr verschieden günstig sind. Im wasserreichen Frühjahr, wo die Reservestoffe des vorigen Jahres zu Neuentwickelung von äußeren Organen in Anspruch genommen werden, sind die frischgebildeten Holzzellen groß, aber deren Wandungen wenig verdickt; gegen den Herbst zu, wo neugebildete Stoffe in reichem Maße vorhanden sind, werden die Zellen kleiner und dickwandiger, das Holz also dichter. Daß ein derartiger Zusammenhang besteht, erkennt man am besten daraus, daß diejenigen Bäume, die wie die Tanne, Kiefer, Eiche und Buche früh mit ihrer Knospenbildung abschließen, früh mit der Herbstholzbildung beginnen, während die anderen Bäume wie Birke, Linde und Erle, bei denen die Triebe lange Zeit fortwachsen, sehr spät jenes dichtere Holzgewebe erzeugen. Es scheint dies im Grunde eine ähnliche Beziehung zu sein, wie die später noch zu besprechende, daß bei den meisten Baumarten das auf feuchtem Boden gewachsene Holz weitere und dünnwandigere Gefäße und Zellen besitzt, wie solches, das auf trocknem Standorte erzeugt wurde.

Man hat freilich auch versucht, die Verschiedenartigkeit der Zellgestaltung in den verschiedenen Jahreszeiten auf den verschieden großen Druck, der im Laufe der Jahreszeiten von Seiten des Cambium auf die darunterliegenden Gewebemassen ausgeübt wird, zurückzuführen*). — Die Erklärung jener Verschiedenheit mag nun ausfallen, wie sie will, jedenfalls ist es klar, daß zwischen Herbst- und dem nächstjüngern Frühjahrsholze ein scharfer Uebergang nothwendig ins Auge fallen muß, indem ja während des Winters eine jede Vegetationserscheinung ruht, und daß so der Holzquerschnitt in einzelne deutlich von einander geschiedene concentrische Ringe zerfällt, von denen jeder den Zuwachs eines Jahres repräsentirt**). Auch dieser Gegenstand ist für unsern Zweck in mehrfacher Hinsicht von Wichtigkeit, da nicht bloß das Vorhandensein solcher Jahresringe uns erlaubt, auf das Alter eines Baumes, auf den Zuwachs in einzelnen Jahren oder auch nach gewissen Himmelsgegenden einen Rückschluß zu machen, sondern da auch die verschiedene Beschaffenheit des Herbst- und Frühjahrsholzes uns betreffs der tauglichsten Fällungszeit der Hölzer Anhaltspunkte gewährt, — andere Gesichtspunkte ganz unerwähnt gelassen.

Splint, Reifholz Kern.

Wir müssen dann hier noch mit einigen Worten auf die populäre und forstmännische Unterscheidung des Holzkörpers in Splint, reifes Holz und Kernholz eingehen. Diese Ausdrücke, obwohl nicht ganz gleichbedeutend gebraucht, lassen sich ungefähr dahin definiren, daß als Splint das junggebildete Holz, so weit es bei der Fällung sich als völlig durchfeuchtet erweist, bezeichnet wird, während man den innerhalb dieses gelegenen trockneren Holzcylinder reifes Holz 8

*) Vergl. J. Sachs: Lehrbuch der Botanik 1868, S. 409.

**) Daß in Erdgegenden, wo kein Wechsel der Jahreszeiten besteht, die Jahresringe nicht zu erkennen sind, scheint darnach selbstverständlich. Doch können in den Tropen periodische Trockenheit und Nässe den Wechsel von Wärme und Kälte der gemäßigten Zone ersetzen.

nennt. Hat dieses reife Holz zugleich eine dunklere Färbung angenommen, oder findet sich in dessen Mitte ein Holzcylinder von veränderter, meistens bräunlicher Farbe, so wird jenes und dieser auch als Kernholz bezeichnet. Dieses Kernholz, welches sich keineswegs in allen Fällen genau nach den Flächen der Jahresringe vom reifen Holze oder vom Splinte abgrenzt, hat wohl schon eine chemische Umwandlung erlitten, die nicht mehr physiologischer Natur ist, und als ein secundärer Vorgang aufgefaßt werden muß, obwohl sie nicht als ein tiefer greifender Zersetzungsproceß, der die Holzqualität ernstlich schädigt, und von dem wir später zu sprechen haben werden, bezeichnet werden darf.

Aus der gemachten Begriffsbestimmung geht zugleich hervor, daß nicht der Stamm einer jeden Baumart oder in jedem Alter die drei unterschiedenen Holzarten zu enthalten braucht. Sehr junge Holzkörper bestehen ausnahmslos aus Splintholz allein, und selbst alte Stämme gewisser Baumarten, wie z. B. des Ahorns, behalten durch ihren ganzen Holzkörper diejenigen physikalischen Eigenschaften, welche uns bei logischem Gebrauch der definirten Ausdrücke zwingen, denselben noch immer als Splint zu bezeichnen. Bei anderen Bäumen, wie bei der Fichte, unterscheidet man neben Splint nur reifes Holz, bei anderen, wie bei der Ulme, hat der innere Theil des reifen Holzes die Eigenschaften, daß er als Kernholz bezeichnet werden muß, während bei der Eiche der Begriff des reifen Holzes mit dem des Kernholzes zusammenfällt. Hierauf beziehen sich auch die forstmännischen Ausdrücke, nach denen die Bäume in solche mit Reifholz, Splint-, Kernholz u. s. w. eingetheilt werden.

Es ist also ersichtlich, daß der in Rede stehenden forstmännischen Unterscheidung keine tiefergehende histologische Bedeutung zukommt, obwohl, wie wir später deutlicher erkennen werden, dieselbe nicht ohne technische Wichtigkeit für die Beurtheilung mannigfacher Eigenschaften des Holzes ist. So wollen wir schon hier darauf hindeuten, daß es möglich war, nachzuweisen, daß die Gewebesubstanz des Kernholzes z. B. bei Prunus Avium von größerer specifischer Schwere war als die des Splintholzes vom gleichen Baume*). Mit der veränderten specifischen Schwere hängen aber, wie wir später ausführlich zu erörtern haben werden, eine Menge von anderen technisch wichtigen Eigenschaften zusammen, so daß eine solche Verschiedenheit von einiger Bedeutung ist. Am wichtigsten ist aber jene Unterscheidung und die Kenntniß von der Ausgedehntheit des Kern- und Reifholzes, weil bei vielen Bäumen aus Gründen, die wir ebenfalls ausführlich zu erläutern haben werden, der Splint in besonders hohem Grade Zersetzungsprocessen ausgesetzt ist, und deshalb für manche Verwendungsarten vom centralen Holzkörper entfernt werden muß.

*) Vergl. hierüber die Angaben Hofmeister's in dessen „Lehre von der Pflanzenzelle“ 1867, S. 247.

Chemische Zusammensetzung des Holzes.

Die Cellulose.

Die Grundlage eines jeden pflanzlichen Gewebes ist die Substanz der Zellhäute, und diese besteht im jugendlichen Zustande (wenigstens für diejenigen Pflanzenclassen, mit denen wir es hier zu thun haben) vorzugsweise aus dem Zellstoff, der Cellulose. Diese Substanz können wir also auch als die chemische Grundlage der Zusammensetzung aller Hölzer betrachten, und in der That besitzt dieselbe ja auch den Namen Holzfaser. 9

Die Cellulose oder die Holzfaser ist ein Kohlehydrat von der Zusammensetzung des Stärkemehls, welche letztere ausgedrückt werden kann durch die Formel $C_6 H_{10} O_5$*). Die Cellulose ist eine farblose Substanz von wenig in die Augen fallenden Eigenschaften, ist geruch- und geschmacklos, in heißem und kaltem Wasser durchaus unlöslich. Dieselbe zeigt zum Unterschied vom Stärkemehl mit Jod unmittelbar keine Blaufärbung, wohl aber nach Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure, wodurch eben vermuthlich zunächst eine Umwandlung in Stärke erfolgt. Diese Reaction wird übrigens häufig durch fortgeschrittene Einlagerung anderer Substanzen in die Zellhaut verhindert, so daß sie bei stark verholzter Cellulose nicht gelingt. — Nach längerer Einwirkung der concentrirten Säure geht die Cellulose dann in Dextrin und Zucker über.

Verdünnte Säuren und Alkalien greifen die Cellulose nicht oder wenig an**), auch ist sie nach Behandlung mit Chlor nicht in Alkalien löslich und überhaupt

*) Neue Atomgewichte: H = 1, C = 12, O = 16.

**) Unter gewöhnlichen Umständen so gut wie gar nicht. Nur durch langes Kochen mit einer verdünnten Mineralsäure (Pelouze: Wagner's Jahresber. 5, S. 481) oder durch gleichzeitige Anwendung eines erhöhten Druckes (Melsens: ebendas. 1, S. 200) kann die Cellulose in erheblichem Maßstabe angegriffen und in Zucker übergeführt werden. Auch Kalilauge verändert die Holzfaser bei 160 ° C. (ebendas. 5, S. 481). Auf dieser unvollkommenen Resistenz der Holzfaser beruhen zum Theil die Versuche der Alkoholfabrikation aus Sägespähnen. Vergl. hierüber Varrentrapp: Dingler's polyt. Journ. Bd. 181, S. 233 und Wagner's Jahresber. 12, S. 467.

unverändert. Die Resistenz der Cellulose gegen diese Substanzen ist von Wichtigkeit, weil denselben secundäre Bestandtheile der pflanzlichen Zellhäute, von denen wir gleich zu sprechen haben werden, unterliegen, und es beruht auf ihr die Möglichkeit der Reindarstellung der Holzfaser. Diese ist indessen unter vorhergehender Aufquellung leicht löslich in Kupferoxyd-Ammoniak, aus welcher Lösung sie wieder durch Säuren in Gestalt eines weißen amorphen Pulvers ausgefällt werden kann. Aehnlich verhält sie sich gegen concentrirte Salzsäure*).

Die chemische Constitution der Cellulose ist noch wenig aufgeklärt; doch betrachtet man dieselbe sowie die übrigen Kohlehydrate von derselben Zusammensetzung als innere Anhydride der Glycosen, denen die Formel $C_6 H_{12} O_6$ zukommt, und zu welchen der Traubenzucker und der Fruchtzucker gehören. Eine Anhydridbildung aus den Glycosen ist übrigens auf künstlichem Wege noch nicht gelungen, obwohl die Ablagerung von Cellulose und Stärkemehl in der Pflanze offenbar auf diesem Wege bewerkstelligt wird. Die entgegengesetzte Umwandlung der Anhydride in Glycosen dagegen kann an jedem beliebigen Orte leicht bewirkt werden, und auf derselben beruhen die bekannten chemischen Veränderungen von Cellulose und Stärkemehl, die mit Zuckerbildung endigen.

In Bezug auf die Ablagerung der Cellulose als pflanzliche Zellhaut ist einer Eigenthümlichkeit Erwähnung zu thun, welche an das Verhalten des so nahe verwandten Stärkemehls erinnert. Die pflanzlichen Zellhäute besitzen nämlich, ähnlich wie die natürlichen Stärkekörner, eine Differenzirung in das Licht verschieden brechende Schichten. Diese Eigenthümlichkeit tritt indessen erst von einem gewissen Verdickungsstadium der Zellhaut und ebenso nur von einem gewissen Wassergehalt derselben an deutlich hervor. Dieselbe muß zurückgeführt werden auf eine ungleichartige aber regelmäßige Anordnung der die Zellhaut constituirenden Stofftheilchen und der in jene eingelagerten Wassermoleküle, und daher kann das Wachsthum der Zellhäute ebensowenig wie das der Stärkekörner durch bloße Auflagerung neuer Schichten, sondern nur durch Intussusception erklärt werden — ein Schluß, der für die Veränderung der Zellhäute durch nachträgliche Verholzung oder Verkorkung von Wichtigkeit ist. — Auch an das charakteristische Polarisationsvermögen der Zellhäute wäre hier zu erinnern.

Die der Zellhaut eingelagerten Substanzen.

10 **Verholzung und Verkorkung.** Das Holz ist nun aber weit entfernt, ein bloßes Gewebe von Cellulose zu sein. Die chemische Zusammensetzung des Holzes, von der wir später viele Proben haben werden, beweist schon, daß ganz abgesehen von dem Gehalt an Wasser und anorganischen Salzen sehr beträchtliche Mengen anders zusammengesetzter organischer Stoffe sich an dem Aufbau des Holzkörpers betheiligen. Die reine Cellulose würde eine procentische Zusammen-

*) Vergl. Pelouze: Wagner's Jahresber. 5, S. 481. — Literaturzusammenstellungen bei Hofmeister: Die Lehre v. d. Pflanzenzelle 1867, S. 240.

setzung von C 44·4 Proc., H 6·2 Proc., O 49·4 Proc. erheischen, während völlig trocknes Holz — je nach der Baumart, von der es stammt — 48 bis 50 Proc. Kohlenstoff und entsprechend weniger Sauerstoff enthält.

In der That besteht der Proceß der Verholzung, durch welchen auch die Zellhäute in ihren physikalischen Eigenschaften wesentlich abgeändert werden, und welcher für eine jede Xylembildung charakteristisch ist, in der Einlagerung abweichender organischer Stofftheilchen in die Zellhaut, sei es nun, daß diese Einlagerung aus dem noch lebensthätigen Protoplasma als solche geschieht, oder daß, wie es oft den Anschein hat, schon eingelagerte Cellulose durch einen secundären, vielleicht nicht mehr physiologischen Proceß in jene abweichende Substanz umgewandelt wird. Jedenfalls hat man hier weitere Unterscheidungen zu treffen und den Proceß der Verholzung sowie die hierbei entstehende Substanz von dem Processe der Bildung von Korkgeweben, von Cuticularschichten sowie von dem Processe der Verdickung von Bastfasern rc. auseinander zu halten. Man hat einerseits die eingelagerte Substanz der Verdickungsschichten der Cuticula sowie des Korkgewebes — wiewohl vielleicht mit Unrecht — unter dem Namen von Kork oder Cuticularsubstanz zusammengefaßt. Die durch diese Substanz veränderten Zellhäute zeigen eine erhöhte Elasticität und Dehnbarkeit, sind aber für Wasser und Gase verhältnißmäßig impermeabel geworden, haben also die charakteristischen Eigenschaften eigentlicher Membranen (osmotische Durchlässigkeit) eingebüßt. In besonders hohem Grade gilt dies für den Verkorkungsproceß, in welchem Falle sich eben eine große Menge cuticularisirter Zellen an einander reiht, und es sind hierauf noch einige mehrfach zu erörternde Eigenschaften der Borke*) zurückzuführen.

Der Kork und überhaupt die Cuticularsubstanz ist selbst in ziemlich concentrirter Schwefelsäure durchaus unlöslich, in heißem Alkali dagegen löslich und auch der Zerstörung durch Salpetersäure sowie durch andere oxydirende Mittel zugänglich, doch herrschen hier je nach dem Ursprung der cuticularisirten Membranen mancherlei Abstufungen. Gegen Verwesung gewährt die Cuticularisirung erheblichen Schutz.

Eine völlige Reindarstellung der Cuticularsubstanz ist bis jetzt nicht geglückt, und es ist daher unmöglich, deren Zusammensetzung genau anzugeben. Ein Stickstoffgehalt scheint indessen für dieselbe charakteristisch zu sein, und weisen die Analysen von gereinigtem Korkgewebe 2·1 bis 2·3 Proc. von diesem Elemente nach**), während man für andere Cuticulargebilde beträchtlich abweichende Zahlen gefunden hat. In Bezug auf die übrigen Elemente deuten die vorhandenen Analysen auf 62 bis 67 Proc. Kohlenstoff, 21 bis 30 Proc. Sauerstoff (Gmelin).

Der eigentliche Verholzungsproceß und ebenso der Vorgang der Entstehung von Bastfasern beruht auf der Einlagerung von ganz anderen Substanzen, und nur die äußersten Schichten von Bast- und Holzzellen deuten in ihrer Resistenz gegen die maßgebenden Reagentien auf eine Cuticularisirung hin (Hof-

*) S. über deren Bildung durch Korkschichten S. 3, 4.

**) Hofmeister: a. a. O. S. 252.

meister*). Bei den Bastfasern läßt schon die bloße Analyse auf diese Thatsache schließen, denn man hat dieselben im entgegengesetzten Sinne als die Korksubstanz von der Zusammensetzung der Holzfaser abweichend gefunden. Für die Leinenfaser wird angegeben nur 41·0 Proc. Kohlenstoff und 52·6 Proc. Sauerstoff.

Die Verholzung, welche sich außer auf die Xylemtheile der Axenorgane der höheren Gewächse auch noch auf die Zellen der sogenannten „Steine" der Früchte, die Concremente der Birnen u. s. w. erstreckt, besteht in einer hiervon ganz verschiedenen Veränderung. — Die Zellen werden dabei hart und unbiegsam; die Zellhäute behalten aber ein Imbibitionsvermögen für Wasser und damit im Gegensatz zu den cuticularisirten Membranen osmotische Durchlässigkeit. Diese Art von Veränderung wird daher der Einlagerung einer ganz andern Substanz, oder besser der Umwandlung der Cellulose in eine solche zugeschrieben. — Für die letztere Version spricht insbesondere die Thatsache der nicht unerheblichen Zunahme der Dichtigkeit von stark verholzten Zellhäuten**). — Diese im Grunde ebenso ideelle Substanz hat man als Lignin bezeichnet.

11 **Das Lignin.** Das Lignin unterscheidet sich chemisch namentlich dadurch von der Cellulose, daß es nach der Behandlung mit Chlor (3 Thle. chlorsaures Kali auf 20 Thle. Salpetersäure von höchstens 1·16 specif. Gewicht) in Alkalien oder auch schon in Wasser und Alkohol löslich ist, eine Methode, die aus diesem Grunde auch bei der Reindarstellung von Cellulose aus verholzten Materialien angewendet wird. Von Manchen wird auch wiederum eine ganze Reihe von incrustirenden Substanzen angenommen, die sich namentlich durch ihre verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen Ammoniakflüssigkeit, Alkohol und Aether unterscheiden sollen. Wenn man verschiedene Hölzer im fein geraspelten Zustande mit jenem Gemisch von chlorsaurem Kali und Salpetersäure und successive mit anderen die Cellulose verschonenden Lösungsmitteln behandelt, so bleibt ein Rückstand von soviel Cellulose, daß sich bei der Annahme eines Gehalts der von Verunreinigungen befreiten Hölzer von 50 Proc. Kohlenstoff und 6 Proc. Wasserstoff (was der Wahrheit sehr nahe kommt) und bei der Annahme, daß die incrustirende Substanz ein chemisches Individuum sei, für dieselbe im Durchschnitt die Formel $C_{19} H_{24} O_{10}$ und der Procentsatz ihres Vorkommens im Holze zu 50 Proc. berechnet***). Man sieht jedenfalls aus diesem Resultate, in welch' hohem Verhältnisse sich von der Cellulose wesentlich verschiedene Stoffe, für die namentlich ein sehr erheblich höherer Kohlenstoffgehalt sowie ein niedrigerer Sauerstoffgehalt charakteristisch ist, an dem Aufbau aller älteren Holzzellen betheiligen. Wir werden später sehen, wie die meisten für die Technik wichtigen Eigenschaften der Hölzer auf diese Be-

---

*) Hofmeister: a. a. O. S. 248.

**) Vergl. Hofmeister: ebendas. 1867, S. 247. Vielleicht aber hat man die Veränderungen bei der Kernholzbildung nicht ohne Weiteres als eine Fortsetzung des ursprünglichen Verholzungsprocesses, der doch schon in mit protoplasmatischem Zellsaft erfüllten Zellen vor. sich geht, aufzufassen.

***) Vergl. F. Schulze: Jahresber. d. Chemie 1857, S. 491.

theiligung einer oder mehrerer Ligninsubstanzen an dem Aufbau des Holzgewebes sich zurückführen lassen.

Inhaltsstoffe der Holzzellen und sonstige Bestandtheile des Holzes.

Außer Cellulose und den incrustirenden Bestandtheilen der verholzten Gewebe 12
scheint keine andere organische Substanz für die Zusammensetzung des Holzes charakteristisch zu sein. Zwar sind noch eine Reihe von solchen im Holze enthalten, allein in wechselnden Mengen oder in der einen Holzart, in der andern aber nicht, oder sie sind endlich nachgewiesener Maßen veränderte aber nicht völlig verschwundene Reste des ehemaligen lebensfähigen Zellinhalts.

Gerbstoffe. So kommen in vielen Hölzern ansehnliche Mengen von 13
Gerbstoffen vor, wenn auch diese Stoffclasse im Allgemeinen für das Phloëmgewebe charakteristischer ist als für das Xylemgewebe. Als Beispiel mag hier namentlich das Eichenholz genannt werden, aus welchem durch Extraction recht erhebliche Mengen von Gerbstoffen gewonnen werden können. Diese Gerbstoffe sind ursprünglich Bestandtheile des Zellsaftes, die im Frühjahre in der Reservestoffperiode erzeugt worden sind, und die sich dann auch in die Zellgruppen des jüngern Holzes, so weit in diesen überhaupt noch Stoffwanderung stattfindet, verbreiten. Wenn alsdann diese Zellschichten älter werden, der Cambiumring sich immer weiter von ihnen entfernt, so muß man sich denken, daß Reste des Zellsaftes und mit diesem unter Anderm Gerbstoffe in wenig löslicher Form in dem porösen Holzkörper verbleiben. Die eigenthümlichen Färbungen, welche man häufig nach der Einwirkung der Atmosphärilien auf frischen Schnittflächen von manchen Hölzern wahrnimmt, so die tiefschwarze Färbung bei Eiche und Hainbuche, die rothe Färbung bei der Erle, die violette bei der Esche werden gewöhnlich einem Gehalt an Gerbstoffen zugeschrieben, die an der Luft eigenthümlichen Zersetzungsprocessen unterliegen*). Von technischer Wichtigkeit für die Verwendung des Holzes als Baumaterial ist das Vorkommen von Gerbstoffen nur insofern, als durch einen solchen Gehalt die Dauerhaftigkeit des Holzes erhöht werden kann. Von der Art und Weise dieser Wirksamkeit der Gerbstoffe wird noch später bei der Conservirung der Hölzer etwas eingehender die Rede sein.

Proteïnstoffe. Auf nahezu analoge Gesichtspunkte wie das Vorkommen 14
von Gerbstoffen im Holze kann das Vorkommen von Proteïnstoffen in demselben zurückgeführt werden, nur daß natürlich diese Stoffe ausnahmslos in jedem lebensfähigen Gewebe vorkommen. Der wechselnde Bestand an diesen Substanzen hat für die Technik ein ähnliches Interesse, wie das Vorkommen von Gerbstoffen im Holze, nur gerade im umgekehrten Sinne. Der Gehalt an Proteïnstoffen kann als der Keim der spontanen Verderbniß des Holzes angesehen wer-

*) Auch durch den Geruch ist manchmal ein Gerbstoffgehalt an den Hölzern zu bemerken, so am Holze der Balsampappel, das nach gegerbtem Leder riechen soll.

den, und wir werden später zu constatiren haben, wie gerade die meisten Conservirungsmethoden darauf hinauslaufen, jene Träger der Umwandlungsfähigkeit möglichst unschädlich zu machen. Eine jede lebensfähige pflanzliche Zelle enthält einen mehr oder minder concentrirten protoplasmatischen Zellsaft, für den der Gehalt an Proteïnstoffen durchaus charakteristisch ist, und so kann es nicht Wunder nehmen, daß auch im ältern Holze, dessen Zellen und Gefäße ja alle einmal von einem lebensthätigen protoplasmatischen Zellsafte erfüllt waren, auch noch in ihrem spätern Zustande proteïnartige Reste enthalten sind. Man muß außerdem bedenken, daß der Holzkörper aller Bäume außer eigentlichen Holzzellen und Gefäßen, die bald ihren Zellinhalt verlieren, Reihen von Markstrahlenzellen und in den meisten Fällen noch parenchymatische Zellgruppen besitzt, welche beide länger lebensfähig bleiben und mit protoplasmatischem Zellsafte erfüllt sind. — Der durchschnittliche Gehalt der Hölzer an Proteïnstoffen mag daraus ermessen werden, daß man gewöhnlich 0·5 bis 1·5 Proc. Stickstoff in denselben vorfindet, indem wir keinen Grund haben anzunehmen, daß ein wesentlicher Bruchtheil dieses Stickstoffs mit dem Verholzungsprocesse selbst im Zusammenhange stehe*).

15 **Stärkemehl und andere Kohlehydrate.** In dem jüngern Holze, welches noch von einem lebensfähigen Zellsafte erfüllt wird, finden sich weiter, namentlich in der winterlichen Periode, erhebliche Ablagerungen von Stärkemehl. Das Parenchymgewebe und die Markstrahlen sowie auch die Prosenchymzellen dienen in einer frühen Periode als wahre Reservestoffbehälter. Daß auch geringe Mengen von Zucker und Gummi (Dextrin und Arabin) unter Umständen im Holze nachgewiesen werden können, ist nach dem Gesagten beinahe selbstverständlich, besonders wenn man die Zusammensetzung des Frühjahrssaftes der Bäume, welcher freilich in erster Linie der sich noch theilenden Zellschicht angehört, berücksichtigt. — Von sehr erheblicher technischer Bedeutung sind indessen diese Vorkommnisse nicht.

16 **Farbstoffe.** Außer den genannten Substanzen findet sich dann noch eine Reihe von organischen Stoffen in dem Holze vor, die aber nur für ganz bestimmte Holzarten charakteristisch sind. Es ist hier z. B. der specifischen Farbstoffe Erwähnung zu thun, die viele Hölzer zu Farbhölzern stempeln oder ihnen doch bei der Politur ein eigenthümliches Aussehen verleihen. Von der Entstehungsweise und der Art des Vorkommens solcher Farbstoffe weiß man indessen so gut wie Nichts.

17 **Harze.** Einiger besonderen Worte bedarf jedoch das Auftreten von Harzen in gewissen Holzarten. Freilich ist ein derartiges Vorkommen noch von höherer Bedeutung für die Verwendung des Holzes als Brennmaterial, denn als Baustoff, für welches es nur wegen der conservirenden Kraft jener in Betracht kommt. Allein

---

*) Die Holzzellen enthalten ja nur einen sehr kleinen Bruchtheil eigentlicher Cuticularsubstanz (s. oben S. 15), für welche ein Stickstoffgehalt charakteristisch ist, und das Lignin scheint stickstofffrei zu sein.

da die Entstehungsweise der Harze mehr aufgeklärt ist, wie die der meisten anderen in der Pflanze vorkommenden Stoffgruppen, so bietet der Gegenstand einiges theoretische Interesse dar, und ein paar Worte über denselben erscheinen gerechtfertigt.

Die Harze sowie die sie stets begleitenden ätherischen Oele (für die sogar in erster Linie das hier zu Sagende gilt) kommen in erheblicher Menge vorzüglich in unseren gewöhnlichen Nadelhölzern vor. Man findet sie daselbst wohl in geringen Mengen dem Zellsafte beigemischt, im größern Maßstabe jedoch in sogenannten Harzgängen, d. h. erweiterten Intercellularräumen, die eben ihrem ganzen Umfange nach mit den Gemischen von Harzen und ätherischen Oelen angefüllt sind. Dabei bleiben die Zellen, welche den Harzgang zunächst umgeben, unverdickt. Fig. 11 (S. 25) *Hg* zeigt einen solchen Harzgang im Querschnitt von Fichtenholz. Früher war man wohl der Meinung, daß der Vorgang der Harzbildung ein der Gummosis, d. i. eine pathologische Verwandlung von Zellhäuten in Gummi, analoger Proceß sei, daß bei demselben auch wie bei der Gummosis Zellhäute zerstört würden, und daß lediglich durch eine solche Resorption von Zellen die Harzgänge Entstehung nähmen. Neuere Untersuchungen haben indessen klargelegt, daß ein solcher Proceß sich bei der Harzbildung, wenigstens bei Beginn derselben, nicht vollzieht, und daß die Harzgänge anfangs nur erweiterte Intercellularräume sind. Das Harz selbst, resp. das noch nicht in Harz verwandelte ätherische Oel muß man sich dabei in den noch lebensthätigen Zellen gebildet und dann durch die Zellhäute hindurch diffundirend denken *). Später nimmt dann freilich auch der Zerfall der Zellhäute Antheil an der Harzbildung, und die Harzgänge werden eben durch diesen Zerfall der benachbarten Zellwandungen zugleich erweitert und mit größeren Mengen von Harz erfüllt. Ob dieser letztere Proceß unabhängig ist von der Erfüllung der Holzzellen mit einem lebensthätigen Zellsafte und auch noch im ältern Holze weiter um sich greifen kann, scheint noch nicht genügend aufgeklärt, obschon gerade dieser Punkt für die Kenntniß von der Vertheilung des Harzes im ältern und jüngern Holze von Wichtigkeit wäre.

Einiges Nähere über das Vorkommen dieser verschiedenen organischen Bestandtheile der Hölzer wird bei der Specialbeschreibung der einzelnen Holzarten mitgetheilt werden.

Wasser. Außer den organischen Bestandtheilen des Holzes haben wir aber auch nun unorganische Bestandtheile zu unterscheiden und zwar dieselben, deren sämmtliche Organismen und Organismentheile nicht entrathen können — Wasser und eine Reihe von nicht flüchtigen Mineralstoffen, sogenannte Aschenbestandtheile. 18

Wasser ist im grünen Holze je nach Jahreszeit und Baumart in ziemlich wechselnden Mengen vorhanden. Als äußerste Extreme kann man etwa 17 und 56 Proc. bezeichnen. Hiervon verdunstet natürlich je nach Umständen eine kleinere oder größere Menge aus dem gehauenen Holze an der Luft. Das Wasser erfüllt

*) Vergl. N. J. C. Müller: Pringsh. Jahrb. V, S. 387 bis 421, übrigens auch Wiesner: Die Gummiarten, Harze etc. 1869, S. 69.

in saftigen Stämmen einen Theil der capillaren Hohlräume der Holzzellen und Gefäße. In trocknerm Holze, also im natürlichen Kernholze, sowie im Splinte nach erfolgter Austrocknung kommt dasselbe nur als Imbibitionsflüssigkeit der Zellwandungen vor, so daß man auch in dünnen Schnitten unter dem Mikroskope seine Gegenwart nicht constatiren, sondern nur durch Trocknen bei erhöhter Temperatur das Vorhandensein dieses flüchtigen Bestandtheils nachweisen kann.

Der Bestand des Holzgewebes an Wasser ist für die technische Benutzung des Holzes als Baumaterial von ganz hervorragender Bedeutung, indem dasselbe nicht bloß ein integrirender Factor aller die wichtigsten Eigenschaften des Holzes untergrabenden Zersetzungsprocesse ist, sondern dasselbe durch etwaiges nachträgliches Entweichen oder Wiedereintritt auch Veranlassung giebt zu mannigfaltigen störenden Volumveränderungen, welche natürlich bei baulichen Constructionen sehr gefürchtet werden. In Folge hiervon kommt für die Bautechnik der ursprüngliche Wassergehalt und die hygroskopische Beschaffenheit der verschiedenen Hölzer bei deren Verwendung in hohem Maße in Betracht, und aus demselben Grunde haben die Methoden der Austrocknung des Holzes vor seiner Verwendung eine große Bedeutung. Wir werden uns später ausführlich mit diesem Gegenstande zu beschäftigen haben.

19 **Aschenbestandtheile.** Feuerfeste mineralische Stoffe finden sich im Holze meistens in erheblich geringeren Mengen vor als in den übrigen Pflanzentheilen, und es steht diese Thatsache natürlich im Zusammenhange damit, daß sein Gewebe zum größten Theile den eigentlichen, im engern Sinne des Wortes so zu benennenden, physiologischen Functionen entrückt ist. Man findet in der lufttrocknen Holzsubstanz unserer gewöhnlichen Waldbäume durchschnittlich 0,2 bis etwa 2 Proc. Aschenbestandtheile.

Zum Theil müssen diese feuerfesten Stoffe als constituirende Bestandtheile der Zellwandungen des Holzgewebes angesehen werden, denn wir wissen, daß die pflanzlichen Membranen, obwohl zuerst nach ihrer Abscheidung ausschließlich aus Wasser und organischen Substanzen bestehend, durchgängig nachher durch Einlagerung von Mineralsubstanzen verändert werden, ähnlich wie sich auch erst nachträglich andere organische Substanzen als Cellulose, nämlich Cuticularsubstanz, Lignin u. s. f., an ihrem Aufbau betheiligen. Allerdings finden derartige Einlagerungen von Mineralsubstanzen weitaus vorwiegend in den Membranen der die Pflanzen nach außen abgrenzenden Gewebeschichten statt, und dieselben tragen dort nicht wenig zu der Widerstandsfähigkeit dieser — äußeren Einflüssen gegenüber — bei. Da etwas Aehnliches für die analoge Veränderung der Xylemmembranen nicht behauptet werden kann, so sehen wir auch hier von der nähern Beschreibung der Natur der eingelagerten Mineralstoffe ab. — Zu einem andern Theile muß natürlich dann der Aschengehalt des Holzes auf Reste des ehemals in dem Gewebe vorhandenen oder noch in ihm enthaltenen Zellsaftes zurückgeführt werden, für welchen letztern ein Gehalt an Aschenbestandtheilen unter allen Umständen charakteristisch ist.

Bemerkt mag hier weiter werden, daß in der Gesammtasche des Holzes unserer verbreitetsten Bäume der Kalk eine Hauptrolle spielt und ihm zunächst gewöhnlich das Kali. Der Reichthum des Holzascheauszugs an Potasche ist ja hinlänglich

bekannt. Aus dieser letztern Thatsache geht auch zugleich hervor, daß die fixen Säuren den Metallen gegenüber ziemlich in den Hintergrund treten, und in der That ist der Gehalt der Holzasche an Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure (einzelne Ausnahmen abgerechnet) ziemlich gering. Natürlich ist a[illegible] Aschengehalt wie Aschenzusammensetzung des Holzes wie für alle übrigen Pflanzentheile nicht bloß von der Holzart, sondern auch von dem Standorte einer und derselben Baumart in hohem Grade abhängig. — Auch hierüber werden die Detailangaben für die einzelnen Hölzer Näheres lehren.

Allgemeine Bemerkungen. Man sieht, daß die Chemie des Holzes 20
noch eine sehr ärmliche ist, und die Folge davon wird unter Anderm sein, daß wir kaum im Stande sind, innige Beziehungen zwischen den allgemeinen und specifischen Eigenschaften der Hölzer und ihrer Zusammensetzung aufzufinden, daß wir uns vielmehr an betreffender Stelle damit begnügen müssen, diese Eigenschaften einfach aufzuzählen und als solche zu constatiren, ohne an eine hinreichende Begründung derselben denken zu können. Vor Allem ist dieser roh empirische Zustand der Wissenschaft von den Eigenschaften des Holzes der so mangelhaften Kenntniß der incrustirenden Substanzen zuzuschreiben, denn diese sind es, welche durch ihre verschieden starke Betheiligung an dem Aufbau des Holzgewebes auf die Eigenschaften des gesammten Holzkörpers einen bestimmenden Einfluß ausüben. Und wenn wir die verschiedenen Holzarten in Bezug auf Sprödigkeit, Elasticität und noch mehrere andere Eigenschaften sich so außerordentlich verschiedenartig verhalten sehen — wie wir dies nachher zu constatiren haben werden —, so muß der Grund hierfür wesentlich in den incrustirenden Substanzen liegen, da eine und dieselbe Zellsubstanz auch bei der abweichendsten morphologischen Gestaltung des Gewebes solche Ungleichartigkeiten nimmer hervorzubringen vermöchte.

Wir sind also wenigstens im Stande, einen Fingerzeig zu geben, in welcher Richtung die experimentelle Forschung sich große Verdienste erwerben könnte.

Die einzelnen Holzarten.

21 Nach dem allgemeinen kurzen Ueberblick über die histologischen und chemischen Eigenschaften des Holzes überhaupt gehen wir nun speciell auf die Betrachtung der einzelnen Holzarten ein. Wir werden dabei, so viel wie möglich, die specifischen Eigenschaften der verschiedenen Hölzer auf ihre histologischen und, wenn irgend thunlich, auch auf ihre chemischen Eigenthümlichkeiten zurückzuführen suchen, obwohl wir uns voraus sagen können, daß dieses Bestreben in vielen Fällen ein vergebliches bleiben wird, und wir uns daher in der Regel rein beschreibend verhalten müssen.

Von einigen allgemeinen histologischen Verschiedenheiten zwischen dem Holze der **Coniferen** und der **Laubbäume** haben wir bereits früher einmal*) gesprochen und haben dort namentlich gesehen, daß nur das der letzteren neben den eigentlichen Prosenchymzellen Gefäße und Holzparenchym besitzt, während das der ersteren so gut wie ausschließlich aus Prosenchymzellen und Markstrahlenzellen besteht und daher einen weit regelmäßigeren Bau zeigt.

Die chemischen Unterschiede zwischen diesen beiden großen Classen von Holzarten sind weniger in die Augen springend. Doch ist ein Gehalt von Harz oder ätherischen Oelen wenigstens für alle hier zu betrachtenden Coniferen durchaus charakteristisch, wenn auch nicht allen hierher gehörigen Holzarten eigentliche **Harzgänge**, worin sich diese Stoffe massenhaft ansammeln könnten, zukommen. So besitzen alle Abies-, Pinus-, Larix-Arten einen ansehnlichen Gehalt von schon verharztem oder noch unverharztem Terpentin, das Holz der Thuja-Arten enthält ansehnliche Mengen von Campher, welcher sich auch durch den Geruch zu erkennen giebt. Keines der gewöhnlichen Laubhölzer zeigt dagegen ein Vorkommen der Art in irgend hervorstechender Weise. Andere ganz allgemeine chemische Unterschiede sind nicht constatirt**).

*) Vergl. Seite 7 u. f.

) Um einige Uebung in der Unterscheidung von Hölzern zu erlangen, ist es zu empfehlen, die von **Nördlinger herausgegebenen „Fünfzig Querschnitte der in Deutschland wachsenden &c. Hölzer“ zu Grunde zu legen.

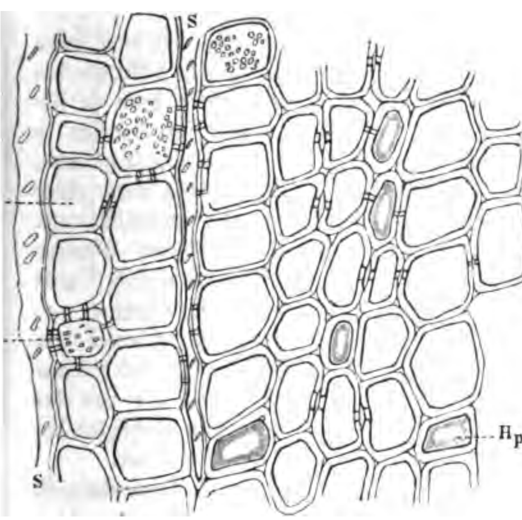
Die Nadelhölzer.

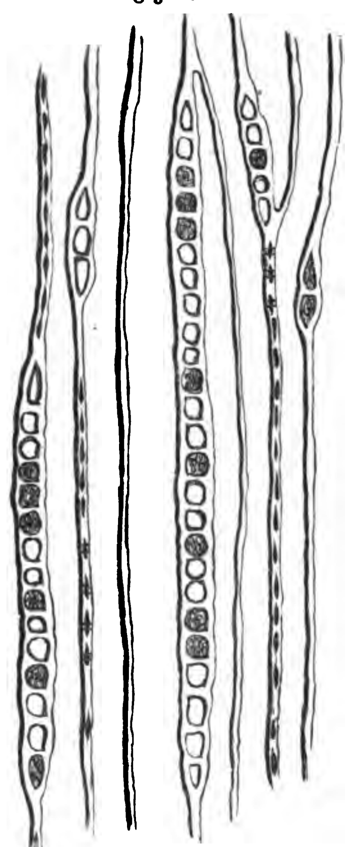
Die Unterschiede, welche die einzelnen Nadelhölzer unter sich besitzen, und 22
welche vorzüglich als Unterscheidungsmerkmale dieser Hölzer dienen können, beabsichtigen wir in einer Einzelbeschreibung mitzutheilen. Zugleich wollen wir uns bestreben, so weit dies möglich ist, bei dieser Detailbeschreibung auf diejenigen Eigenthümlichkeiten besonderes Gewicht zu legen, welche mit den technisch bedeutungsvollen Eigenschaften der Hölzer in einer erkennbaren Beziehung stehen.

Die Tanne. Das Holz der Weißtanne oder Tanne schlechtweg (Abies 23
pectinata) besitzt Holzzellen, welche nur mit einer Reihe von Tüpfeln versehen

Fig. 9.

Fig. 8.

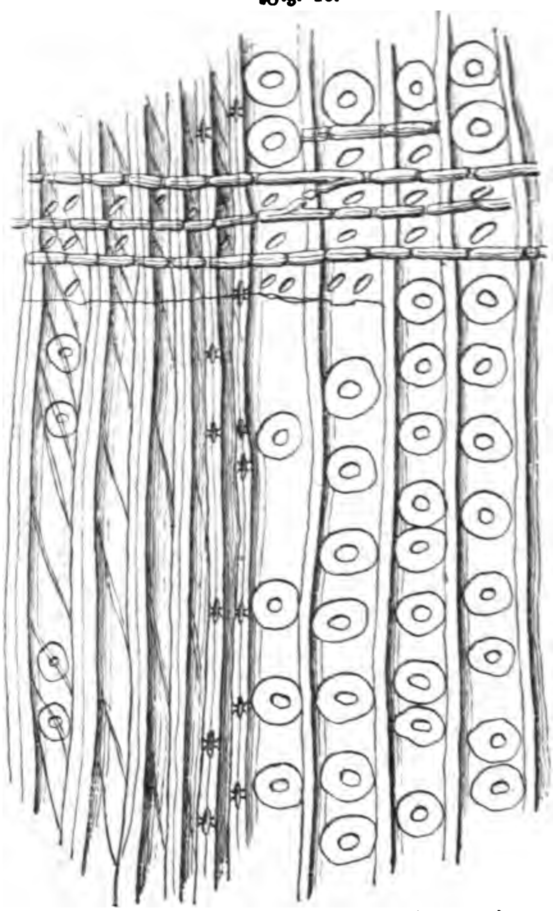




Mikroskopische Schnitte durch das Holz der Abies pectinata. Fig. 8. Querschnitt, 400 fache Vergr.; Fig. 9. Tangentialschnitt, 150 fache Vergr.; nach Dippel.

sind. Eine Ausnahme hiervon macht nur das Wurzelholz, in welchem die Holzzellen sich erweitern und zwei Tüpfelreihen besitzen. Die Markstrahlen des Tannenholzes bestehen (in wagrechter Richtung) aus einer einzigen Zellreihe oder sind, wie man sich bezeichnender ausdrücken würde, einschichtig. Dasselbe enthält keine Harzgänge. Die Jahresringe sind sehr deutlich und regelmäßig rund (Fig. 8, 9, 10)*).

Fig. 10.



Mikroskopischer Schnitt durch das Holz der Abies pectinata. Radialschnitt, 400fache Vergr.; nach Dippel.

Das specifische Gewicht des Tannenholzes beträgt im trocknen Zustande**) etwa 0·37 bis 0·60. — Alle vorkommenden specifischen Gewichtsangaben beziehen sich, wenn nicht ausdrücklich das Gegentheil bemerkt wird, natürlich auf den lufthaltigen Zustand, also auf das „scheinbare“ specif. Gewicht der Hölzer. Das absolute specif. Gewicht derselben, oder besser von deren festen Substanz ist höher wie das des Wassers, denn sie sinken alle im Vacuum in demselben nach Entweichen der Luftblasen unter. Was man also gewöhnlich unter dem specifischen Gewichte der Hölzer versteht, giebt mehr einen Maßstab von jener gröberen unter dem Mikroskope erkennbaren Dichtigkeit, als von der molekularen Dichtigkeit des Holzgewebes selber.

Das Tannenholz ist weiß und fast geruchlos, von erheblicher Festig-

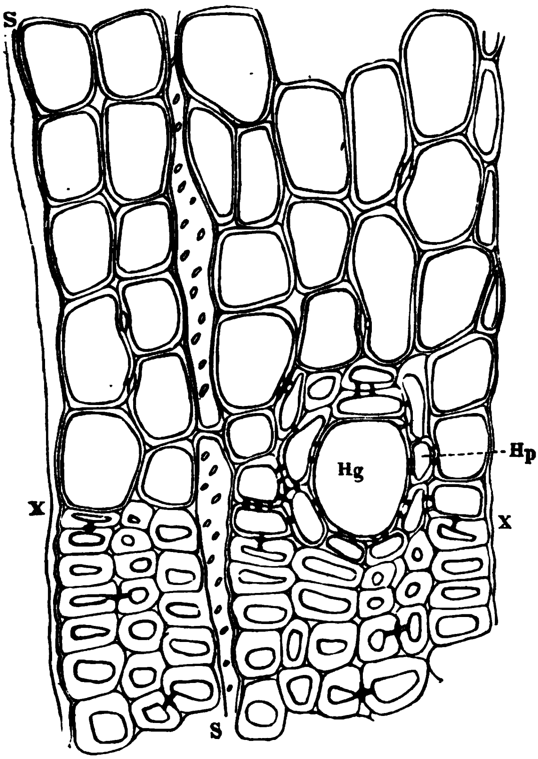
*) Auf die Unterschiede in Ausdehnung und Form des Markes bei den einzelnen Hölzern beabsichtigen wir hier nicht einzugehen. Obgleich das in der Mitte des Xylemgewebes restirende Grundgewebe sehr verschiedene Form und Beschaffenheit zeigt, so ist doch dessen Ausdehnung in allen hierher gehörigen Fällen so gering, daß man von einem Einfluß auf die Holzbeschaffenheit nicht wohl reden kann.

**) In Bezug auf den Grad dieser Trockenheit siehe später die Tabellen über das specifische Gewicht der Hölzer.

keit*) und hervorragender Spaltbarkeit. — Als Bauholz ist dasselbe von großer Dauerhaftigkeit und findet daher die vielseitigste Anwendung.

Die Fichte. Das Holz der Rothtanne oder der Fichte (Abies excelsa) ist in seiner histologischen Beschaffenheit dem der Weißtanne außerordentlich ähnlich. Doch zeigen bei der Fichte die Zellen des Herbstholzes eine deutlich wahrnehmbare spiralige Streifung. Ebenso ist das wenigstens sparsame Vorhandensein von Harzgängen im Fichtenholze ein brauchbares Unterscheidungsmittel für die beiden Holzarten. Die Grenzen der Jahresringe sind bei der Fichte etwas feinwelliger geformt wie bei der Tanne (Fig. 11). 24

Fig. 11.



Querschnitt durch das Holz von **Abies excelsa**. — *Hg* Harzgang; nach Dippel.

Das specifische Gewicht des trocknen Fichtenholzes schwankt zwischen 0·35 und 0·60, ist also ungefähr das des Weißtannenholzes. Das Fichtenholz ist nicht ganz so weiß wie das der Tanne und riecht entschieden harziger wie dieses. Festigkeit ist ungefähr wie bei der Tanne, Spaltbarkeit etwas geringer. — Als Baumaterial unter Wasser ist das Fichtenholz seines größern Harzgehalts wegen dauerhafter als das Tannenholz**). Im Freien jedem Witterungswechsel ausgesetzt, ist es wie dies letztere verhältnißmäßig am vergänglichsten.

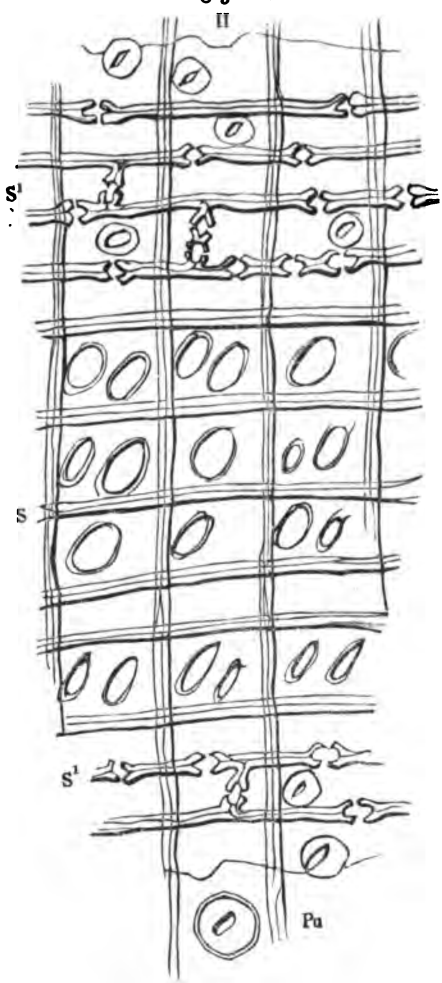
Die Kiefer. Das Holz der Kiefer oder der gemeinen Föhre (Pinus 25
sylvestris) unterscheidet sich von dem der eben besprochenen Nadelhölzer in histo-

*) Die eigentlichen Festigkeitscoefficienten dieses wie der anderen Hölzer werden später in größeren tabellarisch geordneten Zusammenstellungen gegeben werden.

**) Die fichtenen Pfähle, auf denen Venedig und Amsterdam erbaut sind, beweisen am besten diese Dauerhaftigkeit.

logischer Beziehung hauptsächlich durch die Gestaltung seiner Markstrahlen, wie sie namentlich auf Längsschnitten parallel denselben hervortritt. Die Markstrahlen sind zwar auch bei diesem Holze einreihig (immer in Bezug auf die wagrechte Richtung), allein die oberen und unteren Zellreihen derselben zeigen zierlich gezackte Verdickungen, wie aus Fig. 12 zu ersehen ist. Ferner sind die außerordentlich großen Tüpfel für die Markstrahlen dieses Holzes charakteristisch. Die senkrecht und wagrecht im Holzkörper verlaufenden Harzgänge sind bei der Kiefer besonders reichlich vorhanden. In größter Menge findet man dieselben im Herbstholze, wo man sie in dünnen Schnitten gegen das Licht leicht mit bloßem Auge als hellglänzende Pünktchen auffinden kann.

Fig. 12.



Radialschnitt durch das Holz der Pinus sylvestris. 400 fache Vergr.; nach Dippel.

Das specifische Gewicht des trocknen Kieferholzes beträgt 0,31 bis 0,74, ist also um ein Weniges variabler als das der beschriebenen beiden Abies-Arten, wenn auch im Durchschnitt etwa eben so hoch oder etwas höher.

Das Kiefernholz ist im Splinte etwas röthlich, im Kerne mehr gelblich gefärbt, hat natürlich einen starken Harzgeruch; dasselbe ist geschmeidig und leicht spaltbar. Des Harzgehalts wegen besitzt es wie das Fichtenholz eine große Dauerhaftigkeit unter Wasser (deshalb zu Wasserleitungen benutzt), sowie auch in freier Luft. Nachtheilig zeigt sich indessen dieser übergroße Gehalt an Harzen bei Verwendung des Kiefernholzes im Innern von Häusern, da beim Eintrocknen des Holzes Ausschwitzungen entstehen, die für feinere Verwendungsarten störend sind.

Auch die übrigen Pinus-Arten, wie namentlich die Weymuthskiefer, zeigen im Allgemeinen ähnliche Charaktere wie die gemeine Kiefer und auch besonders den angedeuteten eigenthümlichen Bau der Markstrahlen. Es wäre zwecklos, auf diese Holzarten näher einzugehen, und es genügt uns in diesem, wie später noch in vielen anderen Fällen, einen Repräsentanten der Gattung herauszugreifen

und bezüglich seiner Holzbeschaffenheit zu beschreiben, da die Abweichungen innerhalb der Gattungen meistens für unsere Zwecke ohne Schaden übersehen werden können.

Die Lärche. Das Holz der Lärche (Larix europaea) hat große Aehnlichkeit mit dem der Tanne und der Fichte, und es sind die gewöhnlichen Unterscheidungsmerkmale von diesem letztern nicht mikroskopischer Natur. Dasselbe besitzt wie Fichten- und Kiefernholz Harzgänge in senkrechter und wagrechter Richtung. Dagegen sind bei der Lärche die Jahresringe in der Regel breiter als bei den anderen Nadelhölzern, wie denn dieselbe auch ein rascheres Dickenwachsthum des Stammes zeigt. Auch sind die Jahresringe auffallend deutlich durch prägnante Verschiedenheit des Herbst- und Frühlingsholzes. 26

Das specifische Gewicht des Lärchenholzes ist im trocknen Zustande 0,44 bis 0,80, also im Durchschnitt erheblich höher wie das der eben behandelten Abies- und Pinus-Arten.

Das neugebildete Lärchenholz ist etwas gelblich, später nimmt es im Kerne eine entschieden rothe Färbung und häufig auch ein geflammtes Aussehen an. Dasselbe ist biegsam und von guter Spaltbarkeit. — Die Dauerhaftigkeit des Lärchenholzes ist im Feuchten wie im Trocknen eine hervorragende, es wird auch von den holzzerstörenden Insekten sehr wenig angegriffen; auch reißt und wirft sich dasselbe nicht leicht, und es ist daher ein zu mannigfachen Zwecken benutztes Bauholz.

Die Eibe. Das Holz der Eibe (Taxus baccata) ist seiner anatomischen Beschaffenheit nach denen der übrigen Nadelhölzer sehr ähnlich. Nur sind statt eigentlicher Harzgänge, wie sie sich in dem Holze der Fichte, der Kiefer und Lärche vorfinden, nur wenige Harzzellen vorhanden, die auf dem dünnen Querschnitt mit bloßem Auge auf keine Weise zu erkennen sind. Als bestes mikroskopisches Unterscheidungsmittel wird die Eigenthümlichkeit des Eibenholzes bezeichnet, daß seine sämmtlichen Holzzellen eine spiralförmig gewundene Verdickung, ein sogenanntes Spiralband besitzen, wodurch sich dasselbe namentlich auch von den verwandten, hier nicht näher zu behandelnden Holzarten der Cypresse und des Wachholders mit Sicherheit unterscheiden läßt. Als gröberes Merkmal können auch die auffallend schmalen Jahresringe dienen, die der Taxus bildet. Auch sind dessen Markstrahlen etwas weniger hoch (nur 0·2 mm), als die der vorher behandelten Nadelhölzer (welche sämmtlich 0·5 mm betragen). 27

Das specifische Gewicht des Eibenholzes beträgt im trocknen Zustande zwischen 0,74 und 0,94; dasselbe ist also auffallend viel höher als das der aufgezählten, und — wie wir hinzusetzen können — auch höher als das der meisten übrigen bekannteren Hölzer. Daraus folgt zugleich, daß die wirkliche Production der Eibe an organischer Substanz nicht so gering ist, als es nach der Dünne der Jahresringe erscheinen möchte.

Die Farbe des neugebildeten Holzes ist bei der Eibe weiß oder gelblich, die des Kernholzes bräunlich roth. Der Kern ist im Querschnitt häufig nicht kreisförmig, sondern unregelmäßig mit Ausläufern, so daß sich dessen Bildung in diesem Falle noch viel weniger als sonst nach dem Verlaufe der Jahresringe richtet. Derselbe hat wenig hygroskopische Eigenschaften und ist nur schwierig mit Flüssig-

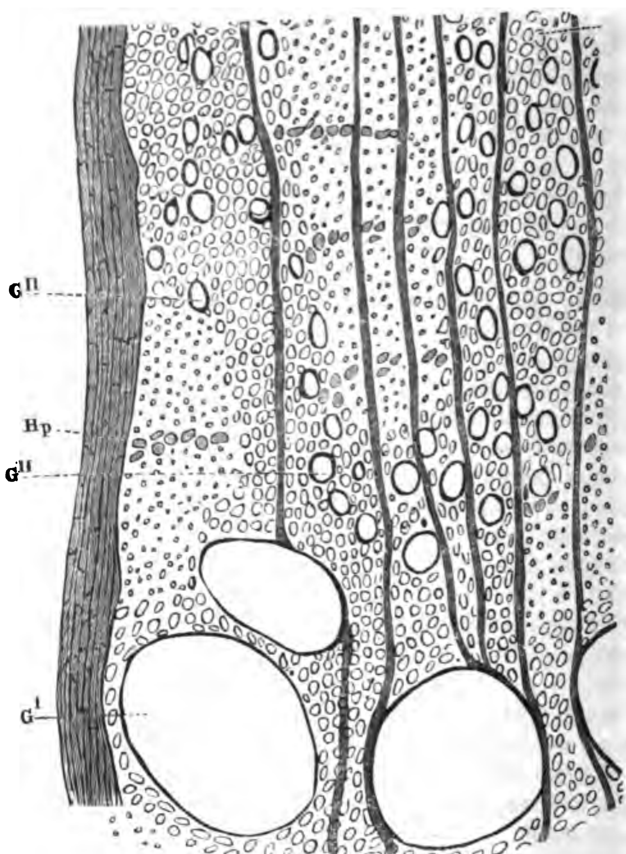
keiten zu durchtränken — obgleich dies in minder hohem Grade für alle Arten von Kernholz zutrifft. Das Eibenholz besitzt keine erhebliche Spaltbarkeit, ist dagegen hart und von langer Dauer*).

Die Laubhölzer.

Die allgemeinen Charaktere des Holzes der Laubbäume haben wir schon hervorgehoben. Wir gehen nun auf die Unterschiede ein, durch welche sich die einzelnen Laubholzarten am schärfsten von einander trennen lassen.

28 **Die Eiche.** Das Holz der Stieleiche oder Sommereiche (Quercus

Fig. 13.



Querschnitt durch das Holz von Quercus robur, 100fache Vergr. G^{I} sehr große (man beachte die geringe Vergrößerung) Gefäße des Frühjahrsholzes, G^{II} kleinere Gefäße des Herbstholzes; *Hp* Holzparenchym; nach Dippel.

---

*) Ueber die genauere Unterscheidung der Coniferenhölzer siehe J. Schröder: Das Holz der Coniferen, Dresden 1872.

pedunculata) läßt sich von vornherein von beinahe allen anderen Laubhölzern anatomisch dadurch unterscheiden, daß dasselbe zweierlei Arten von Markstrahlen besitzt. Diese Eigenthümlichkeit hat nämlich von den hier zu behandelnden Hölzern nur noch das der Buche mit dem der Quercus-Arten gemein. Die breiteren mehrreihigen Markstrahlen des Eichenholzes sind auch mit bloßem Auge mit Leichtigkeit zu erkennen, sowohl auf Quer- wie auf Längsschnitten. Von dem Buchenholze unterscheidet sich das Eichenholz einmal durch die nähere Gestaltung der breiten mehrreihigen Markstrahlen (Fig. 13). Dieselben sind bei dem letztern höher und schmäler, als bei dem Buchenholze, auch sparsamer im Holze verbreitet. Dann zeichnet sich das Eichenholz vor demselben durch die auffallend weiten Holzgefäße im Frühjahrsholze aus; daher erscheinen seine dünnen Querschnitte sehr porös an diesen Stellen, während der Buche diese weiteren Gefäße fehlen und dieselbe auch zwischen Frühjahrs- und Herbstholz keine augenfälligen Unterschiede zeigt, ihr Holz also sehr gleichmäßig gebildet erscheint. Auch das Parenchymgewebe soll im Holze der Eiche in größeren Zellgruppen auftreten als in dem der Buche. — Die Holzzellen der Eiche zeigen weiter im Stammholze nur eine Tüpfelreihe und sind sehr stark verdickt. Die Jahresringe des Eichenholzes sind deutlich und von der Kreislinie wenig abweichend.

Das specifische Gewicht des Eichenholzes ist trotz der weiten Gefäße eben wegen der sehr starken Verdickung seiner Holzzellen auffallend hoch, nämlich 0,69 bis 1,03 im trocknen Zustande, also unter Umständen höher wie das des Wassers, wie denn bekanntlich manches Eichenholz direct und ohne sich vorher vollzusaugen im Wasser untersinkt.

Der Splint des Eichenholzes ist nahezu weiß, der Kern gelblich- oder selbst schwärzlich-braun. Das Eichenholz ist hart, sehr fest, ziemlich leicht spaltbar; dasselbe gilt im Allgemeinen für sehr dauerhaft unter den verschiedensten äußeren Umständen; doch neigen bekanntlich dicke Eichenstämme nach Verletzung der Rinde oder auch von innen her zur Aushöhlung durch Fäulniß. Auch ist der Eichensplint verhältnißmäßig rasch eine Beute von Zersetzungsprocessen, und man hat dies wohl in erster Linie den Inhaltsstoffen der Markstrahlen- und Parenchymzellen zuzuschreiben. Immerhin ist die Dauerhaftigkeit des Eichenholzes im Allgemeinen eine hervorragende.

Fast das Gleiche wie vom Holze der Stieleiche läßt sich nun auch vom Holze der andern sehr verbreiteten Quercus-Art, der Steineiche oder Wintereiche (Quercus robur), sagen, und es ist daher eine besondere Behandlung dieser Holzart nicht erforderlich. Es sei nur bemerkt, daß dieser Baum einen weniger fruchtbaren Standort erträgt, als die Stieleiche, und sich auch in höher gelegene und rauhere Gegenden verliert als diese, trotzdem aber einen kleinern Verbreitungsbezirk besitzt*). Das Holz der Steineiche ist meistens etwas dunkler gefärbt, noch härter, weniger leicht spaltbar und daher schwieriger zu bearbeiten als das der behandelten Quercus-Art, zugleich ist es etwas brüchiger; im Uebrigen aber von durchaus ähnlicher Beschaffenheit und von gleicher Verwendbarkeit zu Bauzwecken.

Von Verwendungsarten des Eichenholzes ist noch besonders die als Schiffs-

---

*) Vergl. Grisebach: Die Vegetation d. Erde 1872, I, S. 142.

bauholz zu erwähnen, wie es überhaupt mehr als irgend eine andere der gewöhnlichen Holzarten den häufigen Wechsel von Nässe und Trockenheit erträgt. Dabei wird krumm gewachsenes, sogenanntes „Knieholz“ für die Construction der gebogenen Schiffswandungen mit Vorliebe verwendet. — Eichenbalken in horizontaler Lage belastet sind von verhältnißmäßig geringer Widerstandskraft.

29 **Die Buche.** Für das Holz der gemeinen Buche oder der Rothbuche (Fagus sylvatica) haben wir oben schon die charakteristischsten anatomischen Merkmale angegeben. Die aus mehreren Zellreihen bestehenden 5 mm hohen Markstrahlen sind breiter wie bei der Eiche, dazu viel zahlreicher, so daß die Holzzellen gezwungen sind, sich zwischen ihnen hindurch zu schlängeln (Fig. 14, 15) und

Fig. 14.

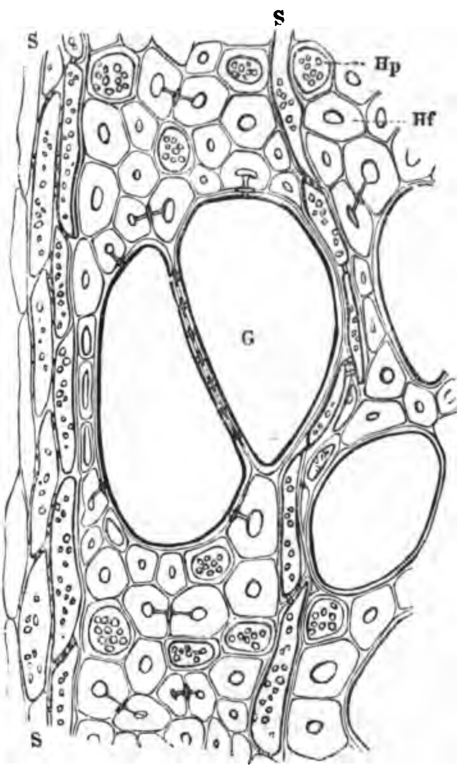


Fig. 15.

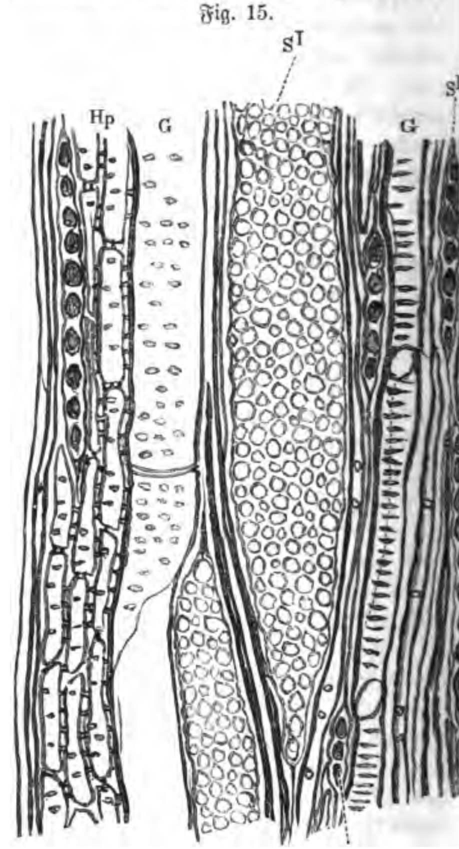


Fig. 14. Querschnitt durch das Holz der Fagus sylvatica, 400fache Vergr.; *S* Markstrahlen; nach Dippel. — Fig. 15. Tangentialschnitt durch das Holz der Fagus sylvatica, 200fache Vergr. (man beachte die sehr breiten Markstrahlen *S'*); nach Dippel.

daher vielfach, wenn auch nicht sehr erheblich, gebogen sind. Die schmäleren Markstrahlen der Buche bestehen nur aus einer bis zwei Zellschichten. Außerdem sind, wie schon angegeben, die Holzgefäße des Buchenholzes enger, das Parenchym

desselben sparsamer vertheilt. — Die Jahresringe sind beim Buchenholze deutlich und wie beim Eichenholze da, wo sich Markstrahlen befinden, nach innen ausgebaucht.

Das specifische Gewicht des Buchenholzes ist hoch, aber trotz dem Fehlen der größeren Poren und trotz der sehr erheblichen Zellverdickung etwas niedriger als beim Eichenholze. Für den trocknen Zustand giebt man an 0·66 bis 0·83.

Das Buchenholz ist bräunlich-gelb mit einem Stich ins Rothe gefärbt und dies gleichmäßig durch den ganzen Stamm. Zur eigentlichen Differenzirung von Kernholz kommt es nur in sehr alten Stämmen. — Dasselbe ist hart, ziemlich leichtspaltig aber auch etwas brüchig, was man der chemischen Zusammensetzung der verholzten Zellwand mit einiger Wahrscheinlichkeit zuschreibt. Die Dauerhaftigkeit des Buchenholzes ist nur (natürlich abgesehen von dem trocknen Zustande) unter Wasser eine ausgezeichnete. Den wechselnden Einflüssen von Feuchtigkeit und atmosphärischer Luft ausgesetzt, geht es bald durch Fäulniß zu Grunde. Das Buchenholz hat aus diesem Grunde eine weit höhere technische Bedeutung als Brennmaterial denn als Nutzholz. Als eigentliches Bauholz wird es so gut wie gar nicht verwendet, wohl aber zu Eisenbahnschwellen*), zu Rostwerken bei Grubenbauten und dergleichen.

Die Hainbuche. Das Holz der Hainbuche oder der Weißbuche (Car- 30
pinus betulus) unterscheidet sich durch einige anatomische Merkmale sehr wesentlich von der Gruppe von Hölzern, zu welcher Eiche und Buche gehören. Dieses Holz besitzt nämlich nur Markstrahlen einer Art; diese sind sehr hoch und bestehen in der Regel aus einer einzigen Zellschicht. Da aber diese Charaktere im Allgemeinen noch von einer ganzen Reihe anderer wichtigen Holzarten getheilt werden, so von der wilden Kastanie, den Weiden und Pappeln, der Birke und Linde, so sind weitere Unterscheidungsmerkmale nohtwendig. Als solche können für die Hainbuche, gegenüber den meisten anderen dieser Holzarten, gelten: der Besitz von getüpfelten Gefäßen mit einem deutlich sichtbaren Spiralband. Diese Eigenthümlichkeit zeigen nur noch Linde und wilde Kastanie von den hier zu behandelnden Holzarten, und diese können leicht durch die geringe specifische Schwere ihres Holzes von der Hainbuche unterschieden werden. Die Holzzellen dieses Baumes sind nämlich außerordentlich stark verdickt, wodurch die Dichtigkeit seines Holzes bewirkt wird. — Die Jahresringe der Hainbuche sind sehr deutlich, da das Herbstholz nicht bloß porenärmer, sondern auch dunkler gefärbt ist.

Das specifische Gewicht des Hainbuchenholzes ist im trocknen Zustande ungefähr wie das der gemeinen Buche, nämlich 0,62 bis 0,82.

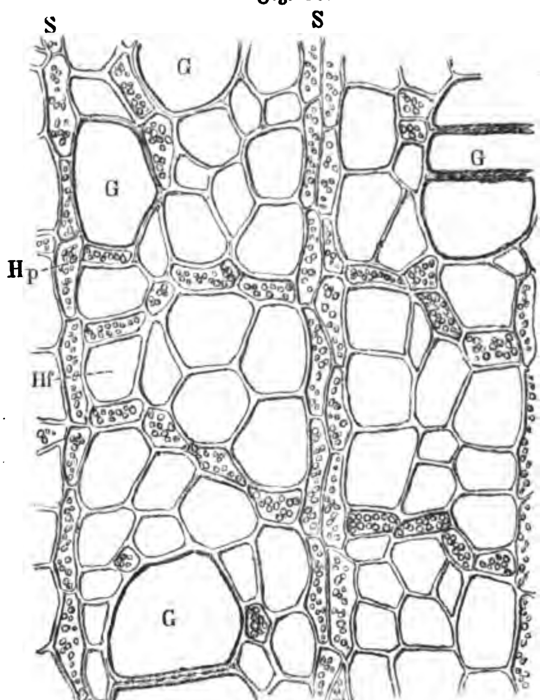
Das Holz der Hainbuche ist weiß, auch in den älteren Jahresringen, und besteht also nach der früher erläuterten forstmännischen Bezeichnungsweise nur aus Splint. Höchstens tritt an den älteren Jahresringen eine braune Streifung hervor. Das Hainbuchenholz ist hart und nur schwer zu spalten; es enthält viel Gerbstoff, ist aber trotzdem namentlich in der Feuchtigkeit wenig haltbar und wird daher gewöhnlich nicht als Bauholz, wohl aber zu anderen technischen Zwecken

*) Jedoch beinahe nur im imprägnirten Zustande, da sonst ihre Dauer nur 2 bis 4 Jahre beträgt.

verwendet, besonders wo Härte und die sehr geringe Schwindungsgröße des Holzes in Betracht kommen.

31 **Die Linde.** Das Holz der Linde (Tilia parvifolia und grandifolia) ist dem der Hainbuche sehr ähnlich gebaut. Dasselbe besitzt nicht bloß so schmale Markstrahlen wie dieses, sondern auch dessen getüpfelte Spiralgefäße (Fig. 16). Von dem Hainbuchenholze unterscheidet es sich dagegen durch die geringere Höhe der Markstrahlen und dann namentlich durch seine verhältnißmäßig weiten und nur wenig verdickten Holzzellen. Auch sind beim Lindenholze die Spiralbänder der Gefäße stärker entwickelt und zu einer steilen Schraube gezogen. — Die Jahresringe der Linde sind deutlich und ziemlich regelmäßig.

Fig. 16.



Querschnitt durch das Holz von Tilia grandifolia, 400fache Vergrößerung; *G* die sehr mäßig großen Gefäße; *S* Markstrahlen; *Hf* die nur schwach verdickten Holzzellen.

Das specifische Gewicht des Lindenholzes ist gering eben in Folge der schwachen Verdickung seiner Holzzellen. Es wird für den trocknen Zustand zu 0,32 bis 0,59 angegeben. Das Lindenholz ist weiß, auch im reifen Zustande, und sehr imbibitionsfähig. Dasselbe ist sehr weich und leicht zu spalten; im feuchten Zustande ist es der Fäulniß sehr zugänglich. Auch leidet dasselbe sehr vom Wurmfraße. Die technischen Verwendungen des Lindenholzes sind mannigfaltige, allein für die eigentliche Bautechnik hat es bei seiner Weichheit und geringen Widerstandsfähigkeit den Atmosphärilien gegenüber keine Bedeutung.

32 **Die Rosskastanie.** Dem Lindenholze durchaus ähnlich, nicht bloß seinem anatomischen Baue nach, sondern ebenso nach seinen gesammten Eigenschaften und seiner Verwendungsfähigkeit ist das Holz der Roßkastanie (Aesculus hyppocastanum). Wir gehen daher bei der Unverwendbarkeit dieser Hölzer als Baumaterial nicht weiter auf die Eigenthümlichkeiten des letztern ein. Es sei nur be-

merkt, daß das specifische Gewicht dieser wie der rothblühenden Aesculus-Art im Durchschnitt etwas höher angegeben wird wie das der Linde.

Weiden und Pappeln. Einer gemeinsamen Behandlung ist das Holz der mit einander verwandten Weiden- und Pappelarten fähig. Auch das Holz dieser Bäume besitzt wie das der Hainbuche, Linde und Roßkastanie nur eine Art einschichtiger (oder mindestens sehr schmaler) Markstrahlen; doch kann dasselbe von diesen Holzarten dadurch unterschieden werden, daß die Querwände seiner Gefäße, welche letzteren nichts von einem Spiralbande, wohl aber Tüpfel zeigen, von größeren runden Löchern durchbrochen sind. — Freilich scheinen von dieser Regel Ausnahmen zu existiren (Hartig), die aber für unsern Zweck ohne Belang sind. Die Holzzellen der Knackweide (Salix fragilis) und der deutschen Pappel (Populus nigra), welche Arten hier in erster Linie in Betracht kommen, sind nur wenig verdickt und von weitem Lumen. Als ein wenn auch mit Vorsicht zu gebrauchendes Unterscheidungsmerkmal zwischen Pappeln und Weiden kann der Umstand dienen, daß die Markstrahlen des Holzes der ersteren etwas höher sind als bei den letzteren. Die Höhe beider ist in der Nähe von 0·5 mm. Die Jahresringe beider Baumgattungen sind nicht völlig rund, sondern etwas winklig. 33

Das specifische Gewicht von Weiden- und Pappelholz ist durchweg niedrig. Für das trockne Holz von Populus nigra wird angegeben 0·39 bis 0·52. Das Weidenholz ist im Durchschnitt nur um Weniges schwerer.

Die Holzfarbe der deutschen Pappel ist im jungen Zustande gelblich-weiß; das Kernholz besitzt dagegen einen entschieden braunen Ton. Der Splint der Weiden ist ähnlich gefärbt mit einem Stich ins Röthliche. Auch der dunkelgefärbte Kern dieser Hölzer besitzt oft eine röthliche Nüance. Die Hölzer beider Gattungen sind sehr weich und leicht vergänglich; das der Weiden ist etwas haltbarer, doch auch als Baumaterial wenig geeignet, namentlich da es auch sehr vom Wurmfraße leidet. — Im Holze der Weißweide hat man Gerbstoff vorgefunden (Nördlinger).

Die Birke. Das Holz der Birke (Betula alba) besitzt, wie die ebenbehandelten Hölzer, nur eine Art sehr schmaler Markstrahlen; dieselben sind von 0·5 mm Höhe. Die Gefäße des Birkenholzes haben indessen die Eigenthümlichkeit einer leiterförmigen Durchbrechung, sind dagegen nirgends spiralig verdickt. Hierdurch ist ein handgreiflicher anatomischer Unterschied dem Holze der Hainbuche, Linde, Pappel, Weide ꝛc. gegenüber gegeben. Indessen hat das Birkenholz diese Charaktere mit der Erle gemeinsam. Allein in dem Holze der letztern sind die Gefäße so eigenthümlich angeordnet, daß man zwei Arten von Markstrahlenformen zu sehen glaubt, von denen die breiteren mit bloßem Auge sichtbaren bei mikroskopischer Analyse von Streifen gefäßreichen Holzparenchyms gebildet werden. Dieser Unterschied mag uns bei der geringen Bedeutung dieser Holzarten für Bauzwecke genügen. — Die Jahresringe der Birke sind durch das etwas bräunlich gefärbte Herbstholz ziemlich deutlich. 34

Das specifische Gewicht des Birkenholzes ist ein mittleres; es beträgt für den trocknen Zustand 0·51 bis 0·77.

Das Holz der Birke, das auch im Alter durch die ganze Stammdicke hindurch als Splint bezeichnet wird, ist hell und nur etwas röthlich oder gelblich gefärbt. Dasselbe ist weich, dagegen wenig biegsam und äußerst schwer zu spalten. Durch seine geringe Dauerhaftigkeit unter irgend welchen ungünstigen atmosphärischen Verhältnissen ist es vollends von der Verwendung zu Bauzwecken ganz ausgeschlossen. Auch ist es dem Wurmfraße ausgesetzt und wirft sich bei erneuter Feuchtigkeitsaufnahme stark. — Höchstens findet das Birkenholz beim Grubenbau Verwendung.

35 **Die Erle.** Das Holz der Erle (Alnus glutinosa), welches, wie gesagt, seiner mikroskopischen Structur nach dem der Birke sehr ähnlich ist, besitzt, wie gleichfalls schon angegeben, scheinbar sehr breite Markstrahlen von Handhöhe, und es liegt hierin ein brauchbares Unterscheidungsmittel dem letztern Holze gegenüber. Die Gefäße des Erlenholzes haben kleine Tüpfel; die schräg stehenden Querwände derselben sind leiterförmig durchbrochen. Die welligen Jahresringe dieses Holzes sind deutlich.

Das specifische Gewicht des Erlenholzes ist niedriger wie das des Birkenholzes, nämlich trocken 0·42 bis 0·64.

Die Farbe des Erlenholzes ist hell grünlich-gelb; jedoch nimmt dasselbe an der Schnittfläche bald eine rostrothe Färbung an, welche man dem Gehalte der Markstrahlen an einem Chromogen, das nach der Meinung Einiger zugleich ein Gerbstoff ist, zuschreibt. Das Erlenholz ist weich, wenig elastisch und läßt sich leicht spalten. Dessen Dauer ist, wechselnden Witterungseinflüssen ausgesetzt, sehr gering, unter Wasser dagegen groß. Das Erlenholz dient daher zu Wasserbauten und analogen Verwendungsarten, wie zum Dichten von Miststätten u. dergl. — Dem Erlenholze anatomisch am nächsten verwandt ist das Holz des Haselnußstrauchs, das wir indessen hier mit Stillschweigen übergehen.

36 **Die Ulme.** Das Holz der Ulme oder der Rüster (Ulmus campestris) hat wie die eben abgehandelten Hölzer nur eine Art von Markstrahlen, doch sind dieselben hier mehrschichtig. Während also Buche und Eiche breitere und schmälere Markstrahlen, die eben besprochenen Holzarten nur die letzteren besitzen, kommen der Ulme nur die ersteren zu. Da diese indessen fragliche Eigenthümlichkeit noch mit einer Reihe von anderen Hölzern gemeinschaftlich besitzt, nämlich mit unseren gewöhnlichen Obstbäumen, der Esche, dem Ahorn, der Platane &c., so sind weitere anatomische Merkmale zur Unterscheidung nöthig. Als solche werden genannt der Besitz von Holzparenchym bei der Ulme, welche Gewebeform die Esche und der Ahorn entbehren. Weiter sind die im Frühjahrsholze sehr weiten Gefäße der Ulme durch runde Löcher mit einander in Verbindung, während bei der Platane eine leiterförmige Durchbrechung der Querwände vorhanden ist. Als Unterscheidungsmerkmal dem Holze der Obstbäume gegenüber kann endlich gelten, daß das Holzparenchym dieser keine spiraligen Verdickungen zeigt, was bei der Ulme der Fall ist. Die Holzzellen der Ulme liegen zwischen dem Holzparenchym und den Gefäßen, welche letzteren getüpfelt sind. Auch kann die Höhe der Markstrahlen, welche etwa 1 mm beträgt, als brauchbares Unterscheidungsmerk-

mal gelten. — Die Jahresringe des Ulmenholzes sind nicht ganz rund, sondern stumpf polygonal.

Das specifische Gewicht des Ulmenholzes ist ein ziemlich hohes; trocken 0·56 bis 0·82.

Das Holz der Ulme ist in der Jugend gelblich-weiß, der Kern jedoch braun und häufig von geflammtem Ansehen. Dasselbe ist hart und schwer zu spalten. Es besitzt einen geringen Gehalt an Gerbstoffen (Nördlinger), ist namentlich unter Wasser sehr dauerhaft und wird dem entsprechend zu Schiffsbauten viel verwendet. Das Ulmenholz leidet ferner nicht unter Wurmfraß — mit Ausnahme des Splints, der häufig eine Beute des Splintkäfers wird — und wirft sich nicht.

Die Platane. Das Holz der Platane (Platanus occidentalis) unterscheidet sich, wie bemerkt, von dem Ulmenholze durch leiterförmige Durchbrechung seiner Gefäßzwischenwandungen; auch zeigen die Zellen seines Holzparenchyms keine spiraligen Verdickungen. Die breiten und 2 mm hohen Markstrahlen können sehr gut mit unbewaffnetem Auge erkannt werden. Die Holzzellen der Platane sind stark verdickt und besitzen keine spiralige Streifung. Dieser letztere Charakter kommt dem hier nicht näher zu behandelnden Holze des Weinstocks zu, welches sonst in der anatomischen Beschaffenheit große Uebereinstimmung mit dem Platanenholze zeigt. Die Markstrahlen des jungen Platanenholzes sind erfüllt mit Reservestärke. — Die Jahresringe des Holzes sind kreisförmig, nicht ausgebaucht. 37

Das specifische Gewicht des Platanenholzes beträgt im trocknen Zustande 0·61 bis 0·68.

Das Holz der Platane ist sehr hell gefärbt. Der Kern besitzt einen eigenthümlichen Geruch, den man mit dem des Pferdemistes verglichen hat. Das Holz ist trotz seiner nicht sehr hohen specifischen Schwere von bemerkenswerther Härte und Festigkeit; auch ist dasselbe nur schwer zu spalten. Erhebliche Dauerhaftigkeit kommt dagegen dem Holze nur im Trocknen zu, daher ist es als eigentliches Bauholz wenig brauchbar.

Die Akazie. Das Holz der Akazie oder der Robinie (Robinia pseudoacacia) zeichnet sich durch ein sehr entwickeltes Holzparenchym aus, welches bandartig verläuft und dessen Zellen keine Spiralbänder besitzen. Durch diesen letztern Charakter kann dasselbe von dem Ulmenholze unterschieden werden, mit welchem es die breiten und 1 mm hohen Markstrahlen gemein hat. Von dem der Platane unterscheidet sich das Akazienholz unter Anderm eben durch die aus den gemachten Angaben hervorgehende weit geringere Höhe seiner Markstrahlen, sowie durch den auch mikroskopisch sehr in die Augen fallenden Porenkreis im Frühlingsholze. Die Holzzellen sind bei der Akazie stark verdickt. — Die Jahresringe sind sehr deutlich und in der Mitte des Stammes gut gerundet. 38

Das specifische Gewicht des Akazienholzes ist 0·58 bis 0·85 im trocknen Zustande.

Die Farbe des Holzes ist entschieden gelblich, im Kern in's Grünliche oder

auch in's Bräunliche spielend. Dasselbe hat einen geringen Gerbstoffgehalt, ist ziemlich hart und schwer zu spalten. Das Akazienholz ist im Trocknen und unter Wasser von großer Dauerhaftigkeit. Doch ist namentlich der Splint in Wind und Wetter dem Vermodern ausgesetzt, also, wie es scheint, der Wechsel der äußeren Bedingungen der Dauer des Holzes nicht günstig.

39 **Der Ahorn.** Das Holz des gemeinen Ahorns oder des weißen Ahorns (Acer pseudoplatanus) — welche Species wir hier zur Demonstration auswählen — ist den eben besprochenen Holzarten, sowie den Obstbäumen gegenüber hinlänglich charakterisirt durch den gänzlichen Mangel an Holzparenchym. Dagegen theilt das Holz der Esche diese sowie einige andere anatomische Merkmale. Das Ahornholz wird von dem Eschenholze anatomisch dadurch unterschieden, daß die Holzgefäße des erstern weit deutlichere spiralige Bänder erkennen lassen, als die des letztern. Die Markstrahlen des Ahorns sind ferner höher wie bei der Esche (1 mm hoch), schmal und selbst nicht einmal in allen Fällen mehrschichtig. Daher sind Verwechslungen mit einigen Hölzern der vorigen Gruppe (wozu Linden, Weiden, Pappeln 2c. gehören) in manchen Fällen möglich. Das Eschenholz zeichnet sich weiter durch seine groben Poren im Frühjahrsholze, ähnlich wie Eiche, Akazie, aus. Die Jahresringe sind hierdurch, sowie durch die dunklere Färbung des im Herbste gebildeten Holzes deutlich.

Das specifische Gewicht des Ahornholzes beträgt 0·61 bis 0·74.

Das Holz des Ahorns hat eine sehr helle, etwas röthliche Farbe und erscheint auf glatten Längsschnitten durch den verschiedenen Lichtreflex in den verschiedenen Gewebeformen schön seidenartig gewässert. Dasselbe ist fest, hart, zähe und schwerspaltig. Die Dauerhaftigkeit des Holzes ist nur im Trocknen eine erhebliche, auch ist dasselbe dem Wurmfraße unterworfen. Daher findet dasselbe mehr Verwendung als Werk- und namentlich als Möbelholz, denn in der eigentlichen Bautechnik.

40 **Die Esche.** Ziemlich Aehnliches gilt für das Holz der Esche (Fraxinus excelsior). Die anatomischen Merkmale für dasselbe haben wir schon gegeben. Auch die 0·5 mm hohen Markstrahlen der Esche sind sehr schmal und manchmal nur einschichtig. — Die Jahresringe derselben sind in Folge der Grobporigkeit des Frühjahrsholzes sehr deutlich und kreisrund.

Das specifische Gewicht des Eschenholzes steigt etwas höher wie das des Ahornholzes. Man giebt an 0·57 bis 0·94 für den trocknen Zustand.

Die Farbe des jungen Eschenholzes ist weiß, die des Kernes braun, doch häufig ungleichmäßig, so daß ein geflammtes Ansehen entsteht. Im Uebrigen ist dasselbe fest, ziemlich hart und nur schwer zu spalten, wie das Ahornholz. Den Geruch des Eschenholzes hat man mit dem von Runkelrüben verglichen. Die Dauerhaftigkeit desselben ist nur im Trocknen erheblich und beim jungen Holze durch den Splintkäfer beeinträchtigt; daher liegt seine Bedeutung für die Technik mehr in seiner Brauchbarkeit als Werkholz.

41 **Die Obstbäume.** Das Holz unserer gewöhnlichen Obstbäume, der Pyrus-

und Prunus-Arten, unterscheidet sich von dem des Ahorn und der Esche dadurch, daß ihm ein parenchymatisches Holzgewebe, wenn auch mehr als vereinzelte Zellen zukommt. Von dem Platanen- und Ulmenholze kann dasselbe deshalb leicht unterschieden werden, weil seine Markstrahlen wie die des Ahorns und der Esche schmal sind. Die Gefäße des Holzes unserer Obstbäume sind getüpfelt, aber nur bei den Prunus-Arten mit einer deutlichen spiraligen Verdickung versehen, und hierin liegt der Unterschied, der leicht mikroskopisch zwischen Birnbaum- und Apfelbaumholz einerseits, zwischen Kirsch- und Pflaumenbaumholz andererseits constatirt werden kann. Auch sind die Markstrahlen bei letzteren weit höher, nämlich 2 mm, bei ersteren nur 0·5 mm. Außerdem sind die mit bloßem Auge sichtbaren Bänder, welche durch den Wechsel von Parenchym- und Holzzellen gebildet werden, bei den Pyrus-Arten deutlicher.

Das specifische Gewicht der Pyrus-Arten wurde gefunden 0·66 bis 0·89; nur das des Mehlbaums liegt zuweilen noch höher. Die Prunus-Arten besitzen fast genau das gleiche specifische Gewicht.

Die hierher gehörigen Hölzer sind durchgängig ziemlich hart und schwer zu spalten. Die Färbungen sind sehr mannigfaltig. Im Feuchten ist das Holz der Obstbäume meistens ohne Dauer, daher ist es mehr für Tischlerarbeiten als für Bauzwecke gesucht.

Rückblick. Beziehungen zwischen Zusammensetzung und Eigenschaften.

Wir haben bei dieser Specialbeschreibung der einzelnen Holzarten hinsichtlich 42
ihrer histologischen Eigenthümlichkeiten und ihrer sonstigen augenfälligen, besonders technisch wichtigen Eigenschaften kaum Gelegenheit gehabt, auf die Beziehungen jener oder gar ihrer chemischen Zusammensetzung zu diesen nachdrücklich hinzuweisen, und in der That ergeben sich solche Beziehungen, wenn auch bis jetzt in sehr sparsamer Weise, erst aus der gleichzeitigen Betrachtung vieler Holzarten, da man bei Aufstellung derartiger Regeln natürlich gezwungen ist, rein inductiv vorzugehen. Wir wollen das wenige sich auf diese Weise Ergebende hier aufzuzeichnen suchen.

Die Beziehung einer starken Zellverdickung zu einer großen specifischen Schwere und im Allgemeinen auch zu der Härte (für welche als bester Maßstab der Widerstand gegen die Säge gilt*) und der Festigkeit der Hölzer ist wohl schon aus jener Einzelbeschreibung mit genügender Klarheit hervorgetreten. Natürlich gilt dies strenge nur, wenn das Holz wesentlich allein aus Holzzellen besteht. Bei gefäßreichen und parenchymreichen Hölzern kommt es selbstredend auf die Menge, Weite und Wanddicke dieser Gewebeformen an, und ein Holz mit vielen weiten Gefäßen kann natürlich trotz stark verdickter Holzzellenwandungen ein ziemlich leichtes und wenig festes sein, während bei einem Nadelholze — das ja dieser an-

*) Siehe weiter unten S. 62.

deren Gewebeformen entbehrt — nach der bloßen mikroskopischen Betrachtung der Wanddicke der Holzzellen auf Festigkeit, Härte und specifisches Gewicht geschlossen werden darf. So ergiebt z. B. der bloße Anblick eines Schnittes durch das Holz der Eibe, daß dessen Härte, Festigkeit und specifisches Gewicht groß sein müssen.

Freilich könnte man denken, daß auch der chemische Bestand des Holzgewebes auf diese Eigenschaften von Einfluß sein müsse. Allein so sehr wir allen Grund haben aus gewissen anderen Erscheinungen zu schließen, daß die chemische Zusammensetzung des Gewebes bei den einzelnen Hölzern eine erheblich verschiedene sein muß, so scheinen doch die einzelnen Substanzen, die sich in jedem Falle an dem Aufbau des Holzgewebes betheiligen, hinsichtlich ihres specifischen Gewichtes und ihrer Härte nicht so verschieden zu sein, um bei dem Gesammtresultate wesentlich in Betracht zu kommen. Nur die Füllung von Hohlräumen mit Harz und dergl. ist auf die Härte des Holzes von erheblichem Einfluß. — Für die Festigkeit, Biegsamkeit, Elasticität haben wir eher gewichtige Gründe einen solchen Einfluß anzunehmen.

Aus der anatomischen Beschaffenheit der Hölzer können wir aber auch noch andere wichtige Eigenschaften derselben ableiten, namentlich betreffs deren Zusammenhalt in verschiedenen Richtungen. Hölzer, die (außer dem Gewebe der Markstrahlen) nur aus langgestreckten Holzzellen von durchaus gleichartigem Verlaufe bestehen, können natürlich senkrecht zu der Axe des Stammes weit weniger Zusammenhalt besitzen, als Hölzer, die complicirter gebaut sind, und bei denen Holzzellen und Gefäße mannigfach gewunden verlaufen. Wenn dazu noch kommt, daß die ersteren große Unterschiede in der Dichte ihres Herbst- und Frühjahrsholzes zeigen, so daß sich diese Schichten beim Schwinden in Folge des Trocknens verschieden verhalten, und so der Zusammenhang zwischen ihnen gelockert wird, wie das bei unseren drei gewöhnlichsten Nadelhölzern der Fall ist, so erscheint es begreiflich, daß bei denselben nach schnellem Trocknen auch oft ein Reißen concentrisch mit den Jahresringen eintritt, ein Fall, der bei der Eiche und Buche niemals vorkommt. Dagegen bekommen letztere, wie beinahe alle Hölzer, leicht Risse in der Richtung der Markstrahlen, ein Verhalten, das aus dem Bau der Hölzer leicht verständlich ist.

Auf ähnliche Structurverhältnisse wie das Reißen in verschiedenen Richtungen läßt sich zum Theil auch die Spaltbarkeit nach der Längsrichtung zurückführen. So lassen sich bekanntlich ästige Stellen von sonst sehr gut spaltbaren Hölzern, wie vor Allem die Wurzelstöcke schwer der Längsrichtung des Stammes nach trennen, und die Holzhauer wissen hiervon zu erzählen. Allein nichts ist auch leichter als einzusehen, daß überall da, wo neue Zweige entspringen, die Holzzellen und Gefäße gezwungen sind, auszuweichen und einen gewundenen Verlauf anzunehmen, wodurch, selbst wenn an jeder einzelnen Stelle ein Parallelismus der langgestreckten Zellen und Gefäße bestehen bleiben sollte, nothwendig der Zusammenhalt in jener Richtung das vorher vorhandene Minimum nicht mehr besitzen kann.

Andere Eigenschaften müssen dagegen aus der chemischen Zusammensetzung der verschiedenen Hölzer erklärt werden. Ich rede hier nicht davon, daß die Färbung der Hölzer auf die Anwesenheit von Farbstoffen oder Gerbstoffen zurückgeführt werden muß. Dies ist durchaus selbstverständlich. Allein wenn zwei

anatomisch so ähnlich gebaute Hölzer wie Buche und Eiche sich beim Spalten und Schneiden so verschieden verhalten, wie dies thatsächlich der Fall ist, wenn sich dabei das Buchenholz durch einen gewissen Mangel an Dehnbarkeit auszeichnet, so muß dies mit Wahrscheinlichkeit auf eine freilich unbekannte chemische Differenz zurückgeführt werden. Aehnliche Fälle giebt es eine ganze Reihe. Da man aber die wahre Ursache in keinem Falle kennt, so ist es zwecklos, mehr als dies eine Beispiel anzuführen. Dasselbe wird genügen, um auf den fraglichen Punkt aufmerksam zu machen.

Das specifische Gewicht der Hölzer scheint nicht in erheblichem Grade von der verschiedenen Mischung der einzelnen Substanzen im Holzgewebe abhängig zu sein, wenigstens besitzen die von Luft befreiten Hölzer annähernd die gleichen specifischen Gewichte, und die constatirten Differenzen müssen wohl noch zum Theil auf die Unvollkommenheit der Methode zurückgeführt werden*).

Was die Dauerhaftigkeit der Hölzer betrifft, so drängen sich Einem bei kurzem Ueberblick Beziehungen auf, die man großentheils mikroskopisch constatiren kann, die in Wahrheit aber chemische sind. Ein Gehalt an Gerbstoffen macht die Hölzer verhältnißmäßig dauerhaft, und es ist leicht einzusehen, warum; denn die Gerbstoffe gehen unlösliche Verbindungen ein mit den Proteïnkörpern, welche zweifellos als die Träger der meisten Fäulnißerscheinungen anzusehen sind, mag man nun glauben, daß diese letzteren sammt und sonders von Organismen veranlaßt werden, oder einzelne davon für selbständig sich abwickelnde chemische Processe ansehen. — Uebrigens besteht jene Beziehung nicht ohne Ausnahmen. — Aehnlich, nur kräftiger wie die Gerbstoffe, wirkt auch ein natürlicher Gehalt der Hölzer an harzigen Bestandtheilen, namentlich, wo es sich um Zersetzungsprocesse unter Wasser handelt. Man weiß nicht, wie diese Wirkung zu Stande kommt, da von den fäulnißwidrigen Eigenschaften der Harze sonst nicht viel bekannt ist**). Die fragliche Beziehung besteht aber zweifellos. — Ferner ist es eine durchgängige und auch hierher gehörige Erfahrung, daß das junggebildete Holz leichter der Fäulniß unterliegt, als das alte Holz, und der Grund hierfür ist leicht zu verstehen. Im jungen Holze ist noch eine größere Anzahl von lebensfähigen, mit protoplasmatischem Inhalte versehenen Zellen vorhanden, die dann später luftführend werden und ihren Inhalt verlieren. Die Erklärung liegt also hier auf der Hand***). — Wir knüpfen an diese Erfahrung an, und constatiren, daß man auch das stärkeführende Holz als der Zersetzung leicht zugänglich zu bezeichnen und die Stärke als die Ursache dieses Verhaltens zu bezeichnen pflegt. Aber wir brauchen uns nur zu erinnern, daß wo Stärkemehl abgelagert und wieder resorbirt werden kann, sich auch protoplasmatischer Zellsaft befinden muß, der dies besorgt, wenn es auch

*) Vergl. später S. 50, 51 und Hofmeister: Die Lehre von der Pflanzenzelle 1867, S. 24, und Flora 1862, S. 104.

**) Bei Untersuchung dieser Frage wird man die ätherischen Oele in Betracht zu ziehen haben, die ja im Holze den Harzen stets beigemengt sind. Uebrigens dürfte sich der conservirende Einfluß der Harze zur Genüge rein physikalisch erklären, indem denselben alle Capillaranziehung zum Wasser mangelt, und so der Wassereintritt in trocknes harzreiches Holz außerordentlich erschwert wird.

***) Ausführlicheres über diesen Gegenstand weiter unten.

nicht in allen Fällen gelingt, denselben bei seiner großen Verdünnung mikrochemisch nachzuweisen; und so wäre auch diese Beobachtung verständlich. — Es darf uns übrigens nicht Wunder nehmen, wenn die fraglichen Beziehungen nicht überall ans Licht treten, da sie ja vielfach durch andere ähnliche Beeinflussungen verdeckt werden können. Man bedenke nur, welche hervorragenden Einflüsse auch die capillaren Eigenschaften der Hölzer, deren Durchtränkbarkeit auf die Zersetzungsfähigkeit bei ihrer Anwendung als Baumaterial ausüben müssen, Eigenschaften, die wiederum von der anatomischen Structur abhängig sind.

Andere Beziehungen werden sich ergeben aus der tabellarischen Zusammenstellung der Hölzer nach ihren einzelnen Eigenschaften, wie wir sie sogleich mitzutheilen beabsichtigen.

Tabellen über Zusammensetzung und Eigenschaften von Hölzern.

Zusammensetzung der organischen Substanz der Hölzer.

Wir theilen zunächst Resultate von Analysen über die Elementarbestandtheile 43
verschiedener Holzarten mit, und zwar geordnet nach dem Kohlenstoffgehalt. Bei dieser Art der Zusammenstellung ist es natürlich nothwendig, jeweils in einer Tabelle nur die Analysen eines Analytikers zu berücksichtigen, da die Fehler*), die von verschiedenen Analytikern begangen werden, häufig größer sind, als die Unterschiede in der Zusammensetzung überhaupt, während die Resultate unter sich recht wohl vergleichbar sind.

100 Gewichtstheile Holz (aschenfrei gedacht) enthalten nach Schödler und Petersen:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff und etwas Stickstoff
Ulme (Ulmus campestris)	50·19	6·43	43·38
Lärche (Larix europaea)	50·11	6·31	43·58
Tanne (Abies pectinata)	49·95	6·41	43·64
Kiefer (Pinus sylvestris)	49·94	6·25	43·81
Ahorn (Acer campestre)	49·80	6·31	43·89
Pappel (Populus nigra)	49·70	6·31	43·99
Fichte (Abies excelsa)	49·59	6·38	44·03
Eiche (Quercus robur)	49·43	6·07	44·50
Linde (Tilia europaea)	49·41	6·86	43·73
Esche (Fraxinus excelsior)	49·36	6·08	44·56
Knackweide (Salix fragilis)	48·84	6·36	44·80
Birke (Betula alba)	48·60	6·38	45·02
Buche (Fagus sylvatica)	48·53	6·30	45·17

*) Vergl. im Texte weiter unten.

Es darf nicht verschwiegen werden, daß die Analytiker bei den vorstehenden Analysen die Verbrennung nicht ganz vollständig erreichten. Daher erklären sich die Differenzen mit den nachfolgenden älteren Analysen von Gay-Lussac und Thénard, die übrigens zwischen den zwei von ihnen analysirten Hölzern ähnliche Differenzen im Kohlenstoffgehalte fanden. Auch muß bemerkt werden, daß Gay-Lussac und Thénard die analysirten Hölzer zuvor mit Alkohol, Säuren und Alkalien behandelten.

100 Gewichtstheile Holz (aschenfrei gedacht) enthalten nach Gay-Lussac und Thénard:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff und Stickstoff
Eiche (Quercus robur)	52·54	5·69	41·78
Buche (Fagus sylvatica)	51·45	5·82	42·73

Chevandier erhielt im Durchschnitt vieler sehr gut mit einander übereinstimmenden Analysen, in denen jedoch die Rinde mit der Untersuchung unterworfen wurde, und nicht bloß ältere Stämme, sondern auch Aeste und junge Stämme mit berücksichtigt wurden, folgende Zahlen:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff
Kiefer	51·76	6·12	41·36	0·76
Tanne	51·63	6·11	41·20	1·06
Weide (Salweide?)	51·12	6·02	42·00	0·86
Birke	51·05	6·27	41·84	0·84
Eiche	50·42	5·99	42·69	0·90
Erle	50·38	6·26	42·54	0·82
Buche	49·76	6·05	43·31	0·87
Hainbuche	49·46	6·08	43·68	0·78

Weiter liegen einige Elementaranalysen von Heintz (in Brix) vor, bei denen auch die Rinden mit untersucht worden zu sein scheinen. Die Zahlen beziehen sich wie die vorigen auf 100 Theile trockner aschenfreier Substanz:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff und Stickstoff
Kiefer *)	50·54	6·22	43·24
Eiche	49·95	6·06	43·99
Birke	49·38	6·25	44·37
Erle (Aln. glutinosa)	48·96	5·98	45·06
Buche (Fag. sylvatica)	48·57	6·03	45·40
Hainbuche	48·50	6·17	45·33

Weiter folgen dann einige von Payen mitgetheilte Holzanalysen:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff und Stickstoff
Ebenholz	52·87	6·60	41·13
Tanne	51·79	6·28	41·93
Eiche	50·00	6·20	43·80
Buche	49·25	6·40	44·65
Pappel	47·00	5·80	47·20

Einige andere von Payen selber ausgeführte Analysen von Hölzern führen wir nicht an, weil sie ihres außerordentlichen hohen Kohlenstoffgehalts wegen mit den anderen Analysen nicht in Uebereinstimmung zu bringen sind.

Obgleich die absoluten Zahlen, welche in den beigebrachten Analysen gegeben worden, nicht ganz unerheblich schwanken, so stimmen sie doch in ihren relativen Ergebnissen über die Zusammensetzung der einzelnen Holzarten in recht befriedigender Weise überein. Wir erkennen aus allen Zusammenstellungen, daß die Nadelhölzer die verhältnißmäßig kohlenstoffreichsten sind, wofür wir natürlich die naheliegende Erklärung aus ihrem Gehalt an Harzstoffen in Anspruch nehmen. Wir erkennen ferner, daß das Eichenholz das Buchenholz um beinahe 1 Proc. Kohlenstoff durchgängig übertrifft. Die Reihenfolge der einzelnen Hölzer nach ihrem Kohlenstoffgehalt ist sogar in zwei von einander ganz unabhängigen Zusammenstellungen (nach den Chevandier- und Heintz'schen Analysen) fast genau die gleiche. Nur das Holz der Birke, Weide und Pappel nehmen in den verschiedenen Zusammensetzungen verschiedene Plätze ein, und gerade bei der Weide und Pappel sind in den meisten Fällen die Species, um die es sich handelt, nicht unzweideutig angegeben, so daß die Vermuthung nahe liegt, daß es bei dem Reich-

*) Mittel zweier Angaben für jüngeres und älteres Holz.

thum der betreffenden Gattungen an einzelnen Formen sich um verschiedene Species handelt.

Bei den harzfreien Hölzern müssen wir wohl meistens einen verschiedenen Gehalt der Zellwandungen an Lignin oder die Betheiligung verschieden zusammengesetzter verholzender Substanzen an deren Aufbau zur Erklärung der verschiedenen elementar-analytischen Zahlen annehmen. Es ist dabei darauf aufmerksam zu machen, daß nicht etwa die weicheren oder weniger dauerhaften Hölzer durchgehends einen niedrigern Kohlenstoffgehalt zeigen. Wir treffen das weiche und wenig dauerhafte Holz der Pappeln, Weiden und Birken zum Theil mehrmals eher unter den kohlenstoffreicheren Hölzern.

Sodann wäre noch etwa auf den durch alle Analysen angedeuteten verhältnißmäßig geringen Wasserstoffgehalt des Eichenholzes hinzuweisen. Es liegt hierin vielleicht ein Anhaltspunkt für die einstige Auffindung verschiedener incrustirender Substanzen. Freilich könnte die Thatsache auch durch den Gehalt des Eichenholzes an Gerbstoffen erklärt werden, Substanzen, die in der That im Vergleich zur Cellulose und zum Lignin ziemlich wasserstoffarm sind.

Der Stickstoffgehalt der gewöhnlichsten Hölzer scheint nach den Chevandier'schen Angaben nicht sehr verschieden zu sein.

Aschengehalt und Aschenzusammensetzung der Hölzer.

44 Wir theilen den Aschengehalt der wichtigsten Hölzer und die Zusammensetzung dieser Aschen nach den Moser'schen Zusammenstellungen*) mit und ordnen dabei nach dem Aschengehalte der aufgezählten Hölzer.

100 Theile Trockensubstanz enthalten:

	Asche	Schwefelsäure	Phosphorsäure	Kieselsäure	Chlor	Kali	Natron	Kalk	Magnesia
Roßkastanie	2·8	—	0·59	0·02	0·04	0·55	—	1·43	0·15
Nußbaum	2·5	0·08	0·31	0·07	0·01	0·39	—	1·42	0·20
Sauerkirsche	1·4	0·02	0·09	0·10	0·13	0·06		0·37	0·10
Apfelbaum	1·1	0·03	0·05	0·62	—	0·13	0·02	0·78	0·06
Buche	0·5	0·01	0·03	0·03	—	0·09	0·02	0·31	0·06
Eiche	0·5	0·01	0·03	0·01	—	0·05	0·02	0·37	0·02
Lärche	0·27	0·01	0·01	0·01	—	0·04	0·02	0·07	0·07
Kiefer	0·26	0·01	0·02	0·04	—	0.03	0·01	0·13	0·02
Birke	0·26	—	0·02	0·01	—	0·03	0·02	0·15	0·02
Tanne	0·24	0·01	0·01	0·02	—	0·04	0·02	0·12	0·01
Waldkirsche	0·24	0·01	0·02	—	—	0·05	0·02	0·06	0·02
Fichte	0·21	0·01	0·01	0·01	—	0·01	0·06	0·10	0·01

*) Chemie für Land- und Forstwirthe, Wien 1870.

Aus der mitgetheilten Tabelle ist nicht viel mehr zu ersehen, als daß der Aschengehalt der Hölzer im Allgemeinen ein geringerer ist, als der anderer Pflanzentheile, und daß die wildwachsenden Bäume geringere Mengen von Asche in sich anzuhäufen pflegen als diejenigen, welche der Gartencultur angehören, ein Verhältniß, das bei einigem Einblicke in die Gesetze der Pflanzenernährung als durchaus selbstverständlich erscheinen muß. Für die technischen Zwecke, für die Verwendung als Baumaterial und überhaupt als Nutzholz ist überdies der Aschengehalt der Hölzer nicht von erwähnenswerther Wichtigkeit. Wenigstens ist bis jetzt keinerlei Beziehung bekannt, in welcher der Gehalt an Aschenbestandtheilen zu irgend welchen technisch wichtigen Eigenschaften der Hölzer stände, namentlich da die Aschenmenge im eigentlichen Holze selbst sich nie bis zu einer Größe anzusammeln pflegt, daß dadurch auch nur der Brennwerth des Holzes in erheblichem Maße abgeändert würde. Es besteht gerade in dieser Beziehung ein sehr auffallender Unterschied zwischen Phloëm- und Xylemgewebe. Die Rinde mancher Bäume speichert bis zu unglaublichen Mengen Aschenbestandtheile, besonders Kieselsäure, in sich auf und gewinnt selbstverständlich hierdurch Härte und Politurfähigkeit. Etwas Aehnliches ist, wie ich hier ausdrücklich bemerken will, für das Holzgewebe der hier in Betracht kommenden Bäume nicht der Fall.

Wassergehalt der Hölzer.

Wichtiger als der Gehalt an Aschenbestandtheilen ist für die Technik der na- 45
türliche Wassergehalt der Hölzer, weil hiervon sowohl die Schnelligkeit, mit der dieselben lufttrocken werden, und also die Gefahr, Zersetzungsprocessen anheimzufallen, in der sie sich vor Erreichung dieses Stadiums befinden, als auch deren Gestaltsveränderung beim Schwinden ꝛc. abhängig ist.

Wir theilen also über diesen Gegenstand einige Tabellen mit, indem wir im Voraus bemerken, daß die Zahlen, die gegeben werden, der Natur der Dinge nach keine ganz constanten sein können, da Standort des Baumes und Fällungszeit auf dieselben von weit größerem Einflusse sind, als auf die übrige chemische Zusammensetzung des Holzes. Von diesen Einflüssen selbst werden wir später eingehender zu berichten haben.

Wir führen zunächst einige Zahlen für den Wassergehalt der wichtigsten Hölzer an, wie sie früher von Schübler und Hartig mitgetheilt waren und wie sie noch meistens in den Handbüchern für Technologie zu finden sind.

100 Theile frischgefällten Holzes enthalten darnach

	Gewichtstheile Wasser
Schwarzpappel (Populus nigra)	51·8
Baumweide (Salix alba)	50·6
Lärche (Larix europaea)	48·6
Pappel (Populus italica)	48·2
Linde (Tilia europaea)	47·1
Fichte (Abies excelsa)	45·2
Ulme (Ulmus campestris)	44·5
Erle (Alnus glutinosa)	41·6
Kiefer (Pinus sylvestris)	39·7
Buche (Fagus sylvatica)	39·0
Roßkastanie (Aesculus hyppocastanum) .	38·2
Tanne (Abies pectinata)	37·1
Eiche (Quercus pedunculata)	35·4
Birke (Betula alba)	30·8
Esche (Fraxinus excelsior)	28·7
Ahorn (Acer pseudoplatanum)	27·0
Weide (Salix caprea)	26·0
Hainbuche (Carpinus betulus)	18·6

Genauere Zahlen erhält man, wenn man die Hartig'schen Ermittlungen des Wassergehalts der Hölzer für die einzelnen Monate zu Grunde legt und daraus einen Durchschnitt für das Jahr berechnet (vergl. die erste Columne). Danach enthalten 100 Theile frisches Holz:

	Theile Wasser*)	
Kiefer (Pinus sylvestris)	61	15 — 64
Fichte (Abies excelsa)	56	11 — 57
Linde (Tilia parvifolia)	52	36 — 57
Schwarzpappel (Populus nigra)	52	43 — 61
Lärche (Larix europaea)	50	17 — 60
Erle (Alnus glutinosa)	50	33 — 58

*) Das Wasser wurde jedoch in diesen Versuchen nicht ganz vollständig, sondern nur bis auf einen gut lufttrocknen Zustand entfernt. Vergl. Nördlinger: Die techn. Eigensch. d. Hölzer, S. 65.

	Theile Wasser	
Roßkastanie (Aesculus hyppocastanum) .	48	37 — 52
Birke (Betula alba verrucosa)	47	24 — 53
Apfelbaum	43	34 — 52
Weide (Salix caprea)	42	30 — 49
Buche (Fagus sylvatica)	39	20 — 43
Ahorn (Acer campestre)	39	27 — 49
Platane (Platanus occidentalis)	—	22 — 45
Hainbuche (Carpinus betulus)	37	22 — 41
Eiche (Quercus pedunculata)	35	22 — 39
Ahorn (Acer pseudoplatanus)	34	30 — 36
Zwetschenbaum	34	19 — 39
Ulme (Ulmus campestris)	34	24 — 44
Akazie (Robinia pseudoacacia)	29	12 — 38
Esche (Fraxinus excelsior)	27	14 — 34
Eibe (Taxus baccata)	—	16 — 20

Durchschnitt von 8 weichen Laubhölzern . . 49
" " 16 harten Laubhölzern . . 37
" " 5 Nadelhölzern 59
" " 30 verschiedenen Hölzern . 49

Die zweite Columne enthält die Grenzen des Wassergehalts, wie sie ebenfalls von Hartig nach Beobachtungen Mehrerer angegeben worden sind. —

Man erkennt aus dem Vergleiche der beiden Tabellen, daß jene älteren Bestimmungen noch vielfach fehlerhaft sind und zwar zum Theil geradezu unmögliche Daten in jener lange Zeit maßgebenden Tabelle enthalten sind. Es handelt sich nicht bloß um einseitige Angaben, wie sie für gewisse Jahreszeiten und unter extremen Wachsthumsbedingungen richtig sein könnten, sondern (man vergleiche mit der zweiten Columne) die Bestimmungen sind höchst ungenau ausgeführt.

Uebrigens sind einige allgemeine Resultate beiden Tabellen gemeinsam; so der relative Wasserreichthum der meisten Nadelhölzer, des Pappel- und des Lindenholzes, die Wasserarmuth des Eschen- und des Hainbuchenholzes, wie überhaupt der schwereren Hölzer.

Eine Beziehung des Wasserreichthums im frischen Zustande zum specifischen Gewichte im trocknen tritt nicht, wie man vielleicht vermuthen möchte, deutlich hervor. Wir werden dies noch klarer sehen, wenn wir auch die specifischen Gewichte in Tabellen geordnet vor uns haben werden. Es ist freilich richtig, daß die dichtesten Hölzer, die abgesehen vom Wassergehalte die höchsten specifischen Gewichte haben müssen, ein geringeres Volum von Hohlräumen besitzen, welche über-

haupt der Anfüllung mit Wasser zugänglich sind. Allein man darf sich eben weitaus nicht alle Hohlräume des Holzes mit Wasser erfüllt denken. Für die älteren Holzzellen wie für die Gefäße ist ja das theilweise Erfülltsein mit Luft geradezu charakteristisch, und viele Kernhölzer enthalten nicht nur sehr geringe Mengen von Wasser, sie sind auch sehr schwer damit zu durchtränken, wenn man es künstlich zuführt. Es wird also nicht allein von der Lockerheit des Gewebes abhängen, um ein Holz auch auf feuchtem Standort unter allen Umständen wasserreich erscheinen zu lassen, es wird vielmehr hierzu auch die Eigenthümlichkeit des Holzgewebes gehören, selbst im spätern Alter möglichst lange safterfüllt zu bleiben, sei es nun, daß dies durch das Fehlen oder eine Armuth an Gefäßen, wie bei den Nadelhölzern, oder durch ein Vorherrschen des parenchymatischen Gewebes oder auf irgend welche andere Art erreicht wird. Die Bäume, welche in großem Maßstab Kernholz bilden, wie Ulme, Eiche, Akazie, Esche, werden niemals sehr saftreich sein können.

Es ist dann aufmerksam zu machen auf das aus der zweiten Columne der gegebenen Tabelle hervorgehende Schwanken im Wassergehalt der Nadelhölzer (mit Ausnahme der Eibe). Diese Hölzer, im Durchschnitt entschieden zu den wasserreichsten gehörend, können bis zu einem Minimalgehalt an Wasser sinken, bei dem man kaum noch ein Fortbestehen der Functionen des Baumes für möglich erachtet hätte. Diese Thatsache, welche sich vielleicht theilweise durch das bei den Nadelhölzern fehlende oder wenigstens ganz zurücktretende Holzparenchym erklärt, ist von erheblich praktischer Wichtigkeit, da es bei den betreffenden Bäumen möglich erscheint, durch Einhalten einer bestimmten Fällungszeit oder auch durch Auswählen der Stämme von einem bestimmten Standorte Holz von sehr verschiedenem Saftgehalt zu erlangen.

Specifisches Gewicht der Hölzer.

46 Wir gehen von der Betrachtung der Zusammensetzung der Hölzer über zu der Mittheilung von Zusammenstellungen über deren einzelne technisch wichtigen Eigenschaften. Wir beginnen mit den specifischen Gewichten und theilen zuerst eine Tabelle der specifischen Gewichte der **grünen Hölzer** mit, welche vorzugsweise nach **Hartig**'schen Mittheilungen angefertigt wurde*). Geordnet wurde die Tabelle nach den zwischen den Grenzangaben liegenden Mittelzahlen, also daß die im grünen Zustande specifisch schwersten Hölzer obenan stehen.

*) Vergl. **Nördlinger**: Die techn. Eigensch. d. Hölzer, S. 507 bis 544.

	Specifisches Gewicht im grünen Zustande
Eiche (Quercus pedunculata)	0·93 — 1·28
Apfelbaum	0·95 — 1·26
Hainbuche (Carpinus betulus)	0·92 — 1·25
Eibe (Taxus baccata)	0·97 — 1·10
Zwetschenbaum	0·87 — 1·17
Buche (Fagus sylvatica)	0·90 — 1·12
Tanne (Abies pectinata)	0·77 — 1·23
Ulme (Ulmus campestris)	0·73 — 1·18
Birke (Betula alba)	0·80 — 1·09
Ahorn (Acer campestre)	0·87 — 1·05
Ahorn (Acer pseudoplatanus)	0·83 — 1·04
Esche (Fraxinus excelsior)	0·70 — 1·14
Roßkastanie (Aesculus hyppocastanum) .	0·76 — 1·04
Pappel (Populus nigra)	0·73 — 1·07
Akazie (Robinia pseudoacacia)	0·75 — 1·00
Weide (Salix caprea)	0·73 — 0·97
Erle (Alnus glutinosa)	0·63 — 1·01
Lärche (Larix europaea)	0·52 — 1·00
Linde (Tilia parvifolia)	0·61 — 0·87
Fichte (Abies excelsa)	0·40 — 1·07
Kiefer (Pinus sylvestris)	0·38 — 1·03

Wir lassen diesen Zahlen sogleich die specifischen Gewichte der Hölzer im trocknen Zustande folgen, und zwar nach den Angaben desselben Autors. Unter trocknem Zustande hat man bei den folgenden Angaben keine absolute Trockenheit zu verstehen, sondern nur einen Zustand, wie er etwa bei 60° C. und schmalen Holzstücken erlangt werden kann. Geringe Mengen von Imbibitionswasser muß man sich noch vorhanden denken. Die Zahlen sind trotzdem für unsern Zweck völlig brauchbar. Die Anordnung ist wie in den vorigen Tabellen nach den Mittelzahlen vorgenommen.

	Specifisches Gewicht im trocknen Zustande	Durchschnitt
Eiche (Quercus pedunculata)	0·69 — 1·03	0·89 — 0·80 schwer.
Eibe (Taxus baccata)	0·74 — 0·94	
Zwetschenbaum	0·68 — 0·90	0·79 — 0·70 mittelschwer.
Esche (Fraxinus excelsior)	0·57 — 0·94	
Apfelbaum	0·66 — 0·84	
Buche (Fagus sylvatica)	0·66 — 0·83	
Hainbuche (Carpinus betulus)	0·62 — 0·82	
Akazie (Robinia pseudoacacia)	0·58 — 0·85	
Ulme (Ulmus campestris)	0·56 — 0·82	0·69 — 0·60 ziemlich leicht.
Ahorn (Acer campestre)	0·61 — 0·74	
Ahorn (Acer pseudoplatanus)	0·53 — 0·79	
Birke (Betula alba)	0·51 — 0·77	
Lärche (Larix europaea)	0·44 — 0·80	
Roßkastanie (Aesculus hyppocastanum) .	0·52 — 0·63	0·59 — 0·50 leicht.
Erle (Alnus glutinosa)	0·42 — 0·64	
Weide (Salix caprea)	0·43 — 0·63	
Kiefer (Pinus sylvestris)	0·31 — 0·74	
Tanne (Abies pectinata)	0·37 — 0·60	0·49 — 0·40 sehr leicht.
Fichte (Abies excelsa)	0·35 — 0·60	
Linde (Tilia parvifolia)	0·32 — 0·59	
Schwarzpappel (Populus nigra)	0·39 — 0·52	

Man erkennt sogleich, daß die Hölzer, die ja in beiden Tabellen nach ihren specifischen Gewichten geordnet sind, in denselben in äußerst verschiedener Anordnung sich befinden*). Das grüne Holz von Buche und Tanne hat nahezu dasselbe specifische Gewicht, im trocknen Zustande ist das Buchenholz sehr viel schwerer; das Pappelholz ist grün ein Holz mittlerer Schwere, trocken von äußerster Leichtigkeit. Es ist unschwer, über die Ursache dieser Erscheinung sich klar zu werden.

Das specifische Gewicht im trocknen Zustande ist natürlich nur abhängig von der specifischen Schwere des festen Holzgewebes selber und von der Anzahl und der Größe, d. h. dem Gesammtvolum der Hohlräume in diesem Gewebe. Da erstere Größe nach mehreren Bestimmungen für verschiedene Hölzer nicht sehr erheblich verschieden ist — Rumford hatte 1·46 bis 1·534 angegeben; in neuerer

*) Umfassende Tabellen über die specifischen Gewichte der Hölzer findet man bei Muspratt: Chemie, deutsch v. Stohmann, 2. Aufl., III, S. 162; ferner in Dingler: Polytechnisches Journ. 166, S. 224.

Zeit sind die wahrscheinlich richtigeren Zahlen 1·13 (Linde) bis 1·29 (Buche)*) erlangt worden — so geben die in der zweiten Tabelle angeführten Zahlen ein nahezu richtiges Bild von dem Gesammtvolum der Hohlräume im Holze, von der Porosität desselben. Die obenanstehenden Hölzer besitzen das kleinste Volum von Hohlräumen in einem gegebenen Volum Holz, die unten stehenden das größte. Etwas Aehnliches läßt sich für das Grüngewicht der Hölzer nicht aussagen. Ein hohes specifisches Gewicht im grünen Zustande kann, wie kaum nöthig ist nochmals zu bemerken, ebensowohl herrühren von einer sehr vollständigen Anfüllung der Hohlräume mit Flüssigkeit, als von dem geringen Volum, den diese Hohlräume einnehmen. Dasselbe sagt nur aus, daß die Luftmenge in den Hohlräumen des Baumes eine geringe ist, aber es sagt nichts darüber, ob das, was nicht Luft ist, aus Flüssigkeit besteht oder aus eigentlichem Holzgewebe. Es geht hieraus hervor, daß die specifischen Gewichte im grünen Zustande verhältnißmäßig werthlos zur Beurtheilung der Constitution eines Holzes sind.

Dagegen wenn man neben diesen Zahlen die Saftfülle des Holzes kennt, dessen Grüngewicht man vor sich hat, so kann man hieraus einen Schluß machen auf den Reichthum des Holzes an festem Holzgewebe. Man kann sich also auf diese Weise die Zahlen der zweiten Tabelle gewissermaßen im Voraus construiren. Man braucht nur in der ersten Tabelle alle diejenigen Hölzer, welche von großem Saftreichthum sind, um einige Stellen herunterzusetzen, diejenigen, welche saftarm sind, um einige Stellen hinauf, um eine ungefähre Anordnung zu erzielen, wie sie die zweite Tabelle bietet.

Einen ähnlichen Schluß aus der ersten Tabelle auf die Porosität der Hölzer kann man machen, wenn man die Schwankungen in den Zahlen (die Differenz zwischen den gegebenen Maximis und Minimis) berücksichtigt. Da der Natur der Dinge nach der Wassergehalt der Hölzer mehr Schwankungen unterworfen ist, als die Constitution des Gewebes, welche ebenfalls einen Einfluß auf das Grüngewicht ausübt, so sind die Hölzer mit den schwankendsten Gewichten im frischen Zustande auch die wasserreichsten. Wenn man also diese in der Tabelle um einige Stellen heruntersetzt, so kommt man wenigstens der Anordnung der zweiten Tabelle näher, wiewohl natürlich hierbei noch weniger auf irgend welche Genauigkeit zu rechnen ist.

Für die allermeisten technischen Zwecke wird man sich natürlich der specifischen Trockengewichte der Hölzer bedienen, wie sie die zweite Tabelle ergiebt. Wir orientiren uns aus derselben über die Gesammtdichtigkeit der Hölzer, und da dieselbe in einer so genauen Beziehung steht zu Festigkeit und Härte, so hat man zugleich für diese Eigenschaften brauchbare Anhaltspunkte. Wir kommen übrigens auf jene Beziehungen bei der Aufzählung der übrigen einzelnen Eigenschaften zurück.

Daß von der Dichtigkeit allein nicht die Dauerhaftigkeit der Hölzer abhängig ist, geht schon aus früher Gesagtem hervor, und in der That finden wir unter den

*) Die Frage nach der Größe der Unterschiede der specif. Gewichte der Gewebesubstanz verschiedener Hölzer muß übrigens bei der Unvollkommenheit der bis dahin angewendeten Methoden noch als unerledigt angesehen werden. Vergl. auch Pouillet-Müller: Lehrb. d. Phys., 2. Aufl., Bd. I, S. 141.

leichtesten Hölzern äußerst dauerhafte, wie z. B. die Nadelhölzer, während umgekehrt allerdings sehr dichte Hölzer fast immer auch dauerhaft sind.

Uebrigens sind von Anderen Mittheilungen über die specifischen Gewichte der Hölzer gemacht worden, aus denen sich nicht ganz dieselbe Rangordnung ergiebt, und dies zeigt zum Mindesten, wie außer der Baumart noch specifische Eigenthümlichkeiten des Standorts und der übrigen schwankenden Wachsthumsbedingungen in Betracht kommen.

Wir führen hier nur noch eine kleine Tabelle von Winkler*) an, welcher kleinere Holzmassen der verschiedenen Baumarten durch 6 Monate in geheizten Räumen trocknete, in Stücke von je 1 Cubikzoll zerlegte und diese wog. Es ergaben sich auf diese Weise folgende specifischen Gewichte:

Hainbuche	0·691	Weißtanne	0·493
Eiche	0·663	Kiefer	0·485
Esche	0·619	Erle	0·443
Ahorn	0·618	Lärche	0·441
Birke	0·598	Fichte	0·434
Buche	0·560	Linde	0·431
Ulme	0·518	Pappel	0·346
Weide	0·501		

Die mechanische Widerstandskraft der Hölzer.

47 **Die verschiedenen Arten von Festigkeit.** Unter den Eigenschaften, welche das Holz in erster Linie zu der technischen Verwendung als Bauholz geeignet machen, gehört vor Allem die feste Structur des Holzes, dessen Widerstand Kräften gegenüber, die es zu biegen, brechen, zu winden und zu zerreißen streben. Es ist klar, daß diese Widerstandskraft eine verschieden große sein wird, je nach der Art, wie die Kraft den Zusammenhalt eines festen Körpers zu lösen strebt. Denken wir uns einen Stab einer nach allen Richtungen hin homogenen Metallmasse — um den Einfluß, den die ungleichmäßige Structur des Holzes bei dieser Begriffsbestimmung haben könnte, vorerst zu beseitigen — senkrecht aufgehängt und an seinem einen Ende starr befestigt, alsdann an seinem untern Ende belastet, bis die Zerreißung eintritt, so wird die Anzahl von Pfunden, die nothwendig ist, um diesen Effect hervorzubringen, eine andere sein, als die, welche nothwendig ist, den gleichen Stab, quer auf zwei Unterstützungspunkte gelegt, durch Belastung in der Mitte durchzubrechen. Trotzdem beruhen beide Widerstände, die eben durch das Maximum der belastenden Gewichte gemessen werden, auf derselben zusammenhaltenden Kraft der einzelnen Theilchen des Stabes, auf seiner Festigkeit.

Es ist also selbstverständlich, daß die Mechanik unterscheidet zwischen verschiedenen Arten von Festigkeit, je nach der Art, in welcher die zusammenhaltende Kraft

*) Vergl. Gottgetreu: Phys. u. chem. Beschaffenh. d. Baumaterialien, S. 346.

eines starren Körpers in Anspruch genommen wird. Man spricht von einer absoluten Festigkeit eines starren Körpers, in dem Falle, daß man den Zusammenhalt in der Längsaxe des Körpers durch Zug zu lösen strebt, — von einer relativen Festigkeit, wenn die Kraft senkrecht auf die Längsaxe des Körpers wirkt, während derselbe an zwei zu beiden Seiten des Angriffspunktes liegenden Stellen der Axe gestützt ist, — von einer rückwirkenden Festigkeit, wenn von dem Widerstande die Rede ist, den der Körper einem Zerdrücken in Richtung seiner Längsaxe entgegensetzt, und endlich von einer Drehungsfestigkeit, als dem Widerstande, den ein starrer Körper einer Kraft entgegensetzt, die einen Theil seiner Axe in Bezug auf einen andern Theil derselben zu drehen strebt. Wenn man diese Widerstände in Kräften, also z. B., wie es üblich ist, in Gewichten ausdrückt, so kann dies natürlich in vergleichender Weise nur geschehen, wenn man sich in allen Fällen auf denselben Querschnitt des starren Körpers bezieht, denn dieser soll ja eben gelöst werden, und die zur Brechung oder Zerreißung nöthige Kraft wächst natürlich mit dem Maß des auseinanderzureißenden Querschnitts. Bei der relativen Festigkeit müssen natürlich auch die Abstände des Angriffspunktes der Kraft von den Unterstützungspunkten fixirt sein, und auch bei der rückwirkenden Festigkeit ist die Länge des gepreßten Körpers und ebenso bei der Drehungsfestigkeit die Länge des gedrehten Körpers zwischen Angriffs- und Unterstützungspunkt für die Größe der Kraft, welche die Lösung des Zusammenhalts bewirkt, von einigem Belang. Setzt man aber in allen einzelnen Fällen die ganze Reihe dieser Factoren einander gleich, so gelangt man für eine jede starre Masse zu einem constanten Coefficienten, der nun lediglich von dem innern Zusammenhalt des Körpers und nicht mehr von der Gestalt desselben abhängig ist, daher als ein Maß für seine Festigkeit (oder vielmehr die betreffende Art von Festigkeit) betrachtet werden kann. Diese constanten Coefficienten werden in der Mechanik als Festigkeitsmoduln bezeichnet, und man unterscheidet für einen jeden Körper solche Moduln, als Maßstab seiner absoluten, relativen u. s. w. Festigkeit.

Das Holz ist aber nun kein homogener Körper. Sein Zusammenhalt ist in der Richtung der Axe des Stammes (oder des betreffenden Astes) bei Weitem am größten, kleiner in der Richtung senkrecht auf die Axe und gewöhnlich am kleinsten in der Richtung concentrisch um die Axe herum. Die Aufgabe wird hierdurch für einen solchen Körper viel schwieriger, und strenggenommen giebt es daher für ein und dasselbe Holz eine ganze Anzahl von verschiedenen Festigkeitsmoduln für die absolute Festigkeit, eine Anzahl solcher Moduln für die relative Festigkeit u. s. f., je nachdem die betreffenden Holzstücke ihre Längsaxe in der Richtung der Stammaxe haben oder in irgend einer anderen Richtung. Nur dadurch, daß die meisten Holzstücke, wie sie als Baumaterial verwendet werden, Balken sind, d. h. daß ihre Längsaxen wirklich mit der Axe des Stammes zusammenfallen, vereinfacht sich die Sache zu einem dem homogener Körper ähnlichen Verhalten. — Vollständig sind wir dieser Complication indessen nicht überhoben, insofern die Balken ihrer Länge nach häufig auch zu Bauzwecken in Stücke zerlegt werden, die sich keineswegs ganz gleichwerthig sind, indem das eine Stück, mehr aus der Mitte gewählt, mehr Kernholz enthält und also abgesehen von dessen verschiedener Beschaffenheit naturgemäß den concentrischen Spaltungen mehr zugänglich ist, als ein anderes seitlich geschnittenes

Stück. Wir werden diese Verhältnisse natürlich bei der Beurtheilung verschiedener Theile des Querschnitts hinsichtlich ihrer Festigkeit zu berücksichtigen haben.

48 **Absolute Festigkeit.** Wir theilen nun zuerst Tabellen über die absolute Festigkeit verschiedener Hölzer mit. Die aufgeführten Zahlen sind die Anzahl von Pfunden, die eben ausreichen, um die verzeichneten Hölzer in prismatischen Stücken von 1 preuß. Quadratzoll in der Richtung ihrer Längsfasern zu zerreißen*).

	Modul der absoluten Festigkeit
Beobachter Bewau (nach Ziurek).	
Lindenholz	24 156
Buchenholz	22 817
Hainbuchenholz	20 805
Apfelbaumholz	20 042
Eschenholz	18 654
Eichenholz (englisches)	15 417 — 20 352
Ahornholz	17 883
Eibenholz	17 875
Weidenholz	14 389 — 19 119
Akazienholz	16 446
Erlenholz	15 418
Birkenholz	15 417
Ulmenholz	14 800
Pflaumenbaumholz (spanisches)	14 389
Fichtenholz (norwegisches)	13 258
Lärchenholz	9 148
Nußbaumholz	8 017
Kiefernholz (englisches)	7 194
Pappelholz	7 040
Beobachter Rondelet (nach Ziurek).	
Ahornholz (virginisches)	16 367
Ulmenholz	15 476
Akazienholz (gelbe Akazie)	12 193
Lärchenholz	11 411
Platanenholz	7 277 — 14 975
Pappelholz (Populus tremula)	10 106
Kiefernholz (französisches)	9 770
Nußbaumholz	8 754
Pappelholz (Populus italica)	7 547

*) Da die Zahlen nur einen relativen Werth haben, so hat es keinen Sinn, dieselben in die jetzt gebräuchlichen Maße umzurechnen.

	Modul der absoluten Festigkeit	
Beobachter Muschenbroek (nach Ziurek).		
Eschenholz	20 987	0·25*)
Buchenholz (Fagus sylvatica)	18 272 — 21 210	0·26
Eichenholz (Hamburger)	18 907	0·27
Weidenholz	13 182 — 16 972	0·26
Kiefernholz	14 755	0·27
Ulmenholz	13 922 — 15 325	0·27
Erlenholz	14 622	0·27
Nußbaumholz	14 261	0·26
Lindenholz	13 870	0·27
Kirschbaumholz	13 592 — 13 978	0·25
Birnbaumholz	11 158	0·25
Pflaumenbaumholz	11 090	0·25
Tannenholz (Abies pectinata)	10 329	0·27
Fichtenholz (Abies excelsa)	8 780 — 11 467	. . .
Apfelbaumholz	10 018	0·25
Beobachter Eytelwein.		
(Die Zahlen wurden erhalten durch Ermittelung der Gewichte, die zur Zerreißung von quadratischen Holzstücken von 1/4 Quadrat-Zoll Querschnitt nothwendig waren.)		
Erlenholz (zwischen Splint und Kern)	24 740	
Rothbuchenholz (zwischen Splint und Kern)	22 360	
Eichenholz (Quercus robur)	22 120	
„ („ pedunculata) Splint bis Kern	14 760 — 26 600	
Hainbuchenholz (zwischen Splint und Kern)	20 400	
Kiefernholz (Splint bis Kern)	18 320 — 21 400	
Weißtannenholz (zwischen Splint und Kern)	15 400	
Ulmenholz (zwischen Splint und Kern)	14 857	
Lindenholz	13 870	
Fichtenholz (zwischen Splint und Kern)	10 920	

*) Diese Zahlen bedeuten die Seite des quadratischen Holzprismas oder den Durchmesser des Holzcylinders, mit dem die Versuche angestellt wurden.

	Modul der absoluten Festigkeit
Beobachter Barlow (nach Ziurek).	
Eschenholz	17 551
Eichenholz (indisches)	15 509
Kiefernholz (englisches)	12 542
Rothbuchenholz	11 785
Eichenholz (englisches)	10 677
Birnbaumholz	10 095

Laves hat folgende Rangordnung der Hölzer nach ihrer absoluten Festigkeit aufgestellt: Eiche (Quercus robur), Ahorn (Acer pseudoplatanus), Kiefer, Esche, Tanne, Ulme, Linde, Fichte, Pyrus, Prunus*). —

Von den durch die aufgezeichneten Versuche ermittelten Festigkeitsziffern pflegt man indessen in der Technik höchstens $^1/_{10}$ wirklich in Anspruch zu nehmen, und man bezeichnet die so verkleinerten Zahlen als Sicherheitscoefficienten.

Wir sehen, daß die Zahlen für die absolute Festigkeit irgend eines Holzes bei den verschiedenen Beobachtern ziemlich weit auseinandergehen, und man wird dies auch, abgesehen von den wirklich bestehenden Schwankungen, natürlich finden, wenn man bedenkt, daß die Prüfungsmethode ja unmöglich so genau sein kann, daß nicht die individuelle Art der Prüfungsvornahme einen Einfluß auf das Resultat auszuüben vermöchte. Wir müssen uns damit begnügen, wenn die Ergebnisse relativ mit einander übereinstimmen, wenn nämlich die Reihenfolge der Festigkeitsmoduln der Hölzer bei jedem Beobachter annähernd dieselbe ist. Um hierüber einen klaren Blick zu gewinnen, habe ich es vorgezogen, die Resultate der verschiedenen Versuchsreihen getrennt zu geben und dieselben nicht mit einander zu verschmelzen. Ohne Weiteres einen Durchschnitt aus den von vielen Beobachtern gegebenen Festigkeitsmoduln zu ziehen, geht schon deshalb nicht an, weil die Versuche sich keineswegs gleichmäßig über alle Holzarten ausdehnen, und von diesem Beobachter eine ganz andere Reihe von Hölzern geprüft worden ist, als von jenem, so daß die Ungleichmäßigkeiten des Verfahrens sich höchst einseitig auf einzelne Holzarten anhäufen würden.

Wenn wir nun die Versuchsreihen überblicken, so sehen wir, daß einzelne Hölzer sehr constant bestimmte Stellungen in den Reihen behaupten. So gehört vor Allem das Buchenholz nach allen Beobachtern zu den Hölzern von der größten absoluten Festigkeit, ebenso das Eichenholz, obwohl es jenem etwas nachsteht, und das Eschenholz. Andererseits erscheint das Holz der Pappel überall als ein

*) Eine ziemlich abweichende Reihenfolge erhält man nach den Zusammenstellungen Wagner's (Hand- u. Lehrbuch d. Technologie, Bd. 4, 1862, S. 19).

solches von geringster absoluter Festigkeit. Dagegen bleibt in Bezug auf andere Hölzer eine auffallende Unsicherheit. So steht Erlenholz und Lindenholz je einmal an der Spitze der Columne, ein andermal eher an deren unterm Ende und ebenso erscheint das Kiefernholz einmal als von geringer, ein andermal von sehr viel bedeutenderer Festigkeit.

Es sind nun allerdings diese Vorkommnisse mit Hinzuziehung von Thatsachen, die wir später eingehender zu beleuchten haben werden, leicht erklärlich, denn wir werden sehen, daß die Festigkeit für eine und dieselbe Species eine sehr schwankende Größe ist, je nach der Wahl des geprüften Holzstücks aus Splint, Reifholz oder Kern, und auch wohl je nach Standort des Baumes, wodurch er veranlaßt wurde, verschieden dichtes Holzgewebe zu erzeugen, und endlich je nach Alter und vorhergehender Behandlungsart des geprüften Holzstücks. So ist z. B. nachgewiesenermaßen der Harzgehalt eines Kiefernstammes von Einfluß auf die absolute Festigkeit seines Holzes, ein harzreiches Holzstück trägt weniger, als ein harzärmeres. — So erklärlich aber die vorgefundenen Schwankungen auch sein mögen, so mißlich ist es immerhin, nach solchen Tabellen, welche noch dazu bei Nichteinhaltung einer durchaus übereinstimmenden Versuchsanstellung gewonnen worden sind, auf die Festigkeit *) des Holzes einen Schluß zu machen.

Was die Beziehung der absoluten Festigkeit der Hölzer zu deren specifischem Gewicht (im trocknen Zustande) betrifft, so ist bei Vergleichung der diese verschiedenen Größen anzeigenden Tabellen ein gewisser entfernter Zusammenhang nicht zu verkennen. Eichen-, Buchen- und Eschenholz stehen auch in Bezug auf ihre specifischen Gewichte obenan, Pappelholz und Tannenholz sind ebenso leicht als sie leicht in der Richtung ihrer Längsfasern zu zerreißen sind. Allein durchgehend ist dieser Unterschied keineswegs; so ist das Holz der Linde bezogen auf sein specifisches Gewicht überaus fest. Wir können nur hier wieder auf die Verschiedenartigkeit des Gewebes und auf die verschiedene chemische Zusammensetzung desselben hinweisen, von welchen Dingen die Festigkeit natürlich auch mit bedingt ist. Die absolute Masse von festen Stoffen, die ja wesentlich durch das specifische Gewicht ausgedrückt wird, ist nicht allein maßgebend. Immerhin kann jene ungefähre Beziehung als Anhaltspunkt dienen.

Ehe wir zur rückwirkenden Festigkeit der Hölzer übergehen, wollen wir noch einige Worte sagen über die absolute Festigkeit des Holzes in einer andern Richtung als in der der Faser, so wenig diese Größe direct für die gewöhnliche Anwendung der Hölzer als Baumaterial in Betracht zu kommen scheint. Wir haben schon ausgeführt, und es geht dies ja direct aus der Structur des Holzes hervor, daß der Zusammenhalt in den beiden anderen Dimensionen ein sehr viel weniger starker ist. Nördlinger hat**) für die relative Größe der absoluten Festigkeit in den drei auf einander senkrechten Richtungen Durchschnittszahlen für alle geprüften Hölzer berechnet, welche auf die umfassenden Untersuchungen von Chevandier und Wertheim sich beziehen, und die trotz ihrer in der Natur der Sache liegen-

*) Ueber Beziehungen der Tragfähigkeit des Holzes zu dessen Schwindungsvermögen siehe Nördlinger in Pfeil's kritischen Blättern x. 1864, I, S. 86.

**) Vergl. dessen Technische Eigenschaften der Hölzer, S. 388.

den Unzulänglichkeit für unsern Zweck genügen mögen. Die auf diese Weise erhaltenen Zahlen verhalten sich für die Richtung*)

	der Fasern		der Markstrahlen		des Umfangs
wie	1·00	:	0·10	:	0·09.

Also in der Richtung des Umfangs, d. h. die Ablösungsebene parallel mit den Markstrahlen, ist im Durchschnitt der meisten Hölzer der Zusammenhalt noch etwas kleiner, als in der Richtung der Markstrahlen, d. h. die Ablösungsfläche parallel mit den Jahresringen, so abweichend diese Verhältnisse bei den einzelnen Hölzern auch sein mögen**). Es ist insofern auch nicht ohne alles praktische Interesse, von dem viel losern Zusammenhalt in jenen beiden anderen Richtungen eine Vorstellung zu haben, als häufig trotz der Anstrengung in der Richtung der Fasern eine Ablösung senkrecht zu einer der beiden anderen Richtungen erfolgt. So reißen beim Prüfen auf die absolute Festigkeit leicht unregelmäßige Zapfen aus, so treten namentlich Spaltungen in der Richtung der Fasern bei der Prüfung auf die rückwirkende Festigkeit ein u. s. f., wodurch offenbar (besonders im letztern Falle) das Resultat ein anderes wird, als wenn in dem angestrengten Balken nach allen Richtungen die größte Festigkeit vorhanden wäre.

49 **Die rückwirkende Festigkeit.** Wenn wir nun zur Besprechung der rückwirkenden Festigkeit übergehen, so müssen wir noch vorausschicken, daß man zwischen einer rückwirkenden Festigkeit für das Zerknicken und einer solchen für das Zerdrücken zu unterscheiden pflegt. Längere Balken werden einem Druck, der sie zu verkürzen strebt, naturgemäß endlich bei Ueberwindung der Widerstandskraft in der Weise nachgeben, daß der ganze Balken nach der Seite ausbiegt und endlich umknickt. Kürzere Balken oder auch längere, wenn der Druck völlig gleichmäßig erfolgt, werden in der Weise nachgeben, daß dies Ausbiegen für die einzelnen Fasern erfolgt, die sich hierbei von einander lösen und daß so eine Zermalmung des ganzen Holzkörpers eintritt. Es ist klar, daß in beiden Fällen andere Eigenschaften des Holzkörpers als dessen eigentliche Festigkeit in hohem Maße in Betracht kommen und so die Erscheinung außerordentlich compliciren, daß aber zugleich diese Eigenschaften in beiden Fällen sehr verschiedene sind. Beim Zerknicken kommt natürlich vor Allem der Grad der Beugungsfähigkeit des betreffenden Holzstücks, beim Zerdrücken der Grad seiner Spaltbarkeit in Betracht, und so werden sich im Allgemeinen für beide Arten der Prüfung der relativen Festigkeit verschiedene Zahlen ergeben.

Es liegt natürlich außerhalb unserer Aufgabe, näher auf diesen rein mechanischen Theil der technischen Eigenschaften der Hölzer einzugehen, und so werden wir uns auch damit begnügen, für die rückwirkende Festigkeit Zahlen anzugeben, welche jeweils nur eine relative Bedeutung haben, da wir zu deren eigentlichem mechanischen Verständniß mathematische Betrachtungen vorausschicken müßten, und auch

*) Vergleichende Angaben über die Längs- und Querfestigkeit einzelner Hölzer bei Wagner: Hand- u. Lehrb. d. Technol. IV, S. 19.

**) So ist bei der Buche und Hainbuche, wie dies zum Theil auch schon die Spaltungsverhältnisse lehren, die Querfestigkeit verhältnißmäßig groß, bei der Tanne sehr klein.

die verschiedenen Beobachter von verschiedenen Voraussetzungen bei deren Bestimmung ausgegangen sind. Es möge uns genügen, daß in jedem einzelnen Falle die übrigen Factoren des Versuchsresultates, wie namentlich Länge und Querschnitt des Holzstücks, einander gleich waren, mithin als eliminirt angesehen werden können, und so die erlangten Zahlen jeweils unter sich vergleichbar sind.

	A. Rückwirkende Festigkeit für das Zerknicken.
Beobachter Muschenbroek (nach Ziurek).	
Fichtenholz	2 302 992
Eichenholz	1 883 273
Eschenholz	1 726 122
Kiefernholz	1 568 804
Buchenholz (Fagus sylvatica)	1 511 966
Lindenholz	1 321 733

	B. Rückwirkende Festigkeit für das Zerdrücken.
Beobachter Rennie (nach Ziurek).	
Die Zahlen bedeuten die Anzahl von englischen Pfunden, die auf den Quadrat-Zoll nothwendig sind, um den Effect herbeizuführen.	
Eichenholz (englisches)	3860 — 5147
Tannenholz (Abies pectinata)	1928
Kiefernholz (amerikanisches)	1606
Ulmenholz	1284

Schon aus diesen Zahlen sieht man deutlich*), daß die rückwirkende Festigkeit eines und desselben Holzes weit kleiner ist, als die absolute Festigkeit desselben, d. h. also daß man an ein und dasselbe Balkenstück eine weit größere Last hängen, als auf dasselbe legen kann.

*) Vergl. übrigens die Angaben Wagner's (Hand- und Lehrbuch der Technologie, Bd. 4, 1862, S. 19).

	B. Rückwirkende Festigkeit für das Zerdrücken.
Beobachter Hodgkinson (nach Ziurek).	
Birkenholz (amerikanisches)	11 663
Ulmenholz	10 331
Eschenholz	8683 — 9368
Buchenholz (Fagus sylvatica)	7733 — 9363
Eichenholz (englisches)	6484 — 9509
Birnbaumholz	7518
Ahornholz	7082
Erlenholz	6831 — 6960
Nußbaumholz	6063 — 7227
Fichtenholz	5748 — 6586
Tannenholz (amerikanisches)	5445 — 7518
Birkenholz (englisches)	4533 — 6402
Tannenholz (Abies pectinata)	5375
Eichenholz (amerikanisches)	4231 — 5982
Lärchenholz	3201 — 5568
Pappelholz	3107 — 5124
Beobachter Laurent (nach Nördlinger).	
Eschenholz	1112
Ulmenholz	1075
Buchenholz (Fagus sylvatica)	986
Tannenholz (Abies pectinata?)	850
Eichenholz	807
Erlenholz	780
Lindenholz	717
Pappelholz (Populus dilatata)	680

Wir unterlassen es, an diese Tabellen*), deren Zahlen sich auch nur wieder theilweise bestätigen, theilweise vielmehr mit einander im Widerspruch stehen, weitere Betrachtungen anzuknüpfen. Allgemeine Beziehungen der Festigkeitsmoduln zu den specifischen Gewichten der trocknen Hölzer sind zwar überall erkenntlich, aber, wie gesagt, sind die letzteren für jene nicht allein maßgebend, sondern es wirken

*) Weitere Tabellen mit zum Theil abweichenderen Resultaten bei Gottgetreu: A. a. O. S. 358/9.

noch eine Reihe von secundären Umständen mit, wie vor Allem die anatomische Structur der Hölzer; und zwar beeinflußt diese den Zusammenhalt der Hölzer nach verschiedenen Richtungen und daher die Festigkeit bei den verschiedenen Prüfungsmethoden auf verschiedene Weise, so daß die verschiedenen Festigkeitstabellen auch eine erheblich verschiedene Reihenfolge der Hölzer zeigen.

Es würde uns an dieser Stelle zu weit führen, wollten wir auch noch auf die übrigen Festigkeitsmoduln der Hölzer eingehen, ganz abgesehen davon, daß die noch vielfach sich widersprechenden Zahlen über relative Torsionsfestigkeit an sich wenig lehrreich sind. Uns interessiren ja eigentlich die technischen Eigenschaften der Hölzer nur insofern, als eine Beziehung derselben zu ihrer chemischen und anatomischen Beschaffenheit nachzuweisen ist. Ist die Ernte in dieser Beziehung bis dahin schon eine sehr ärmliche gewesen, so würde bei Fortsetzung der Mittheilungen gar nicht mehr von einer solchen die Rede sein können.

Die Härte der Hölzer.

Eine weitere Eigenschaft der Hölzer von hervorragender technischer Wichtig- 50
keit ist deren Härte, obwohl dieselbe gerade für Bauzwecke weniger von Belang ist als für andersartige technische Verwendungen. Es ist indessen bei Eisenbahnschwellen, bei Brückenhölzern ꝛc. nicht ganz gleichgültig, ob auf dem Holze aufliegende Eisenschienen und dergleichen in dasselbe mit der Zeit einen tiefen Eindruck machen oder unveränderlich in der ursprünglich innegehabten Lage verharren, und dies wird zum Theil von der Härte des Holzes abhängig sein. Jedenfalls wird es aber für uns von Interesse sein zu untersuchen, in wie fern diese Eigenschaft des Holzes mit anderen, sowie mit der anatomischen Structur desselben in Zusammenhang steht. Auch kommt dieselbe ja vor allen anderen für die Bearbeitung des Holzes in Betracht.

Was nun die Prüfung der Härte beim Holze betrifft, so kann für dieselbe nicht die Methode eingeschlagen werden, deren man sich allgemein für die ihrer Masse nach homogenen Mineralien und überhaupt für chemische Individuen bedient. Man kann nicht wohl die Härte des Holzes durch Ritzen bestimmen; hierdurch würde höchstens die Härte des Holzgewebes (wenn auch sehr unsicher) bestimmt werden können, und diese ist keineswegs mit jener identisch. Man muß nur im Auge behalten, daß ein dichtes Holz von sehr weichem Gewebe einem in dasselbe eindringenden Körper sehr viel mehr Widerstand entgegensetzen wird, als ein minder dichtes Holz von sogar etwas härterm Gewebe, denn bei dem letztern können die gedrückten Gewebetheilchen eher zur Seite weichen. Hierfür läßt sich sogar in der Thatsache, daß Herbstholz einem eindringenden Körper mehr Widerstand entgegensetzt, härter erscheint als Frühlingsholz, ein directer Beweis anführen, denn von einer verschiedenen Substanz der Zellwandungen kann in diesem Falle wahrscheinlich nicht die Rede sein. Was also der Techniker für seine Zwecke nothwendig als Härte des Holzes bezeichnen muß, ist nicht allein abhängig von der wirklichen Härte des Holzgewebes, deren Verschiedenheit von Einigen überhaupt

sehr gering angeschlagen wird, sondern in beinahe ebenso hohem Grade von einer Reihe von anderen Eigenschaften, wie Dichte des Gewebes, Biegsamkeit der Zellwandungen etc.

Von der Härte des Holzes in diesem erläuterten Sinne erhält man eine gute Vorstellung durch Prüfung des Widerstandes, welchen jenes dem Durchsägen entgegensetzt, denn hierbei wird das feste Gewebe durch eigentliches Ritzen aus seinem Zusammenhange gerissen. Freilich kommt dabei auch etwas die Sprödigkeit des Gewebes in Betracht, die das Durchsägen erleichtert; und dann wird z. B. umgekehrt ein Harzgehalt durch Vergrößerung der Reibung verzögernd auf das Eindringen der Säge wirken. Immerhin erhält man auf diese Weise bessere Anhaltspunkte, als auf irgend eine andere bekannte Art. Man zählt einfach die Sägenstöße, die man nöthig hat, um Stücke Holz von gleicher Form in derselben Richtung am besten quer zu durchsägen.

Nördlinger stellt auf Grund derartiger Versuche folgende Härtescala für die bekanntesten Hölzer auf*).

I. Steinhart: Ebenholz u. a.
II. Beinhart: Sauerdorn, Syringe u. a.
III. Sehr hart: Mandelbaum, Weißdorn u. a.
IV. Hart: Ahorn (die verschiedenen Species), Hainbuche, Wildkirsche, Eibe u. a.
V. Ziemlich hart: Esche, Platane, Zwetschenbaum, Akazie, Ulme u. a.
VI. Etwas hart: Buche, Eiche, Nußbaum, Birnbaum, Apfelbaum, Edelkastanie u. a.
VII. Weich: Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche, Erle, Birke, Roßkastanie, Weide (Salix caprea) u. a.
VIII. Sehr weich: Linde, Pappel (verschiedene Species), Weide (Salix alba) u. a.

Man erkennt sogleich, wie diese Scala sich keineswegs allein nach dem specifischen Gewichte der Holzarten, d. h. nach der Menge von Substanz, die in der Zeiteinheit von der Säge durchdrungen werden muß, richtet, sondern daß für dieselbe noch ein anderer Factor, der uns eine Vorstellung giebt von der specifischen Härte der Gewebesubstanz (oder im reciproken Sinne auch von deren Sprödigkeit), in Betracht kommt. — Als eine brauchbare Regel mag hier noch angeführt werden, daß es meistens die langsam wachsenden Hölzer sind, welche die größte Härte erlangen.

Außer den bis jetzt behandelten Eigenschaften des Holzes führt man in der Regel noch eine Reihe von anderen auf, die für die Technik von Wichtigkeit sind oder sein sollen, so die Elasticität des Holzes, die Spaltbarkeit, die Biegsamkeit und Zähigkeit desselben. Es ist nun keiner Frage unterworfen, daß die genauere Feststellung dieser Eigenschaften und Auffindung von Beziehungen zwischen denselben und anderen eine für Theorie und Praxis nicht unwichtige Auf-

*) Vergl. dessen Technische Eigensch. d. Hölzer 1860, S. 235; auch Wagner: Hand- u. Lehrb. d. Technologie, Bd. 4, 1862, S. 15.

gabe ist. Allein es will uns erscheinen, daß bei dem dermaligen Zustande dieser Dinge, während die meisten Zahlen nach sehr schlecht übereinstimmenden und unvollkommenen Methoden ermittelt sind, noch wenig Nutzen von Zusammenstellungen dieser Zahlen namentlich für die Bautechnik, welche es ja doch in erster Linie nur mit der Festigkeit und mit der Schwere ihrer Materialien zu thun hat, erwartet werden darf. Wir verweisen also specielle Interessenten auf Nördlinger's ausführliche Angaben über diese Gegenstände in dessen „Technische Eigenschaften der Hölzer, 1860"*).

---

*) Vergl. auch Gottgetreu: Phys. u. chem. Beschaffenh. d. Baumaterialien, S. 347 u. f.

Verschiedenartigkeit der Eigenschaften bei einer und derselben Holzart.

51 Wir haben bisher von der Zusammensetzung und den Eigenschaften der einzelnen Holzarten gesprochen, als wenn sie constante Größen wären. Nur gelegentlich zeigte sich bei unseren tabellarischen Angaben, daß Hölzer derselben Art, aber in verschiedenen Ländern gewachsen, oder die geprüften Stücke aus verschiedenen Stammtheilen gewählt, sehr merklich verschiedene Eigenschaften besitzen.

Wir haben bis dahin diese Thatsache möglichst verschwiegen, aus dem einfachen Grunde, weil beim Ignoriren derselben die Unterschiede zwischen den verschiedenen Holzarten, auf welche es uns in erster Linie ankam, deutlicher ans Licht treten mußten, kurz um die Uebersicht über die ohnehin schon verwickelten Verhältnisse nicht noch mehr zu erschweren.

Nun aber, nachdem wir mit jener allgemeinen Uebersicht abgeschlossen haben, ist es an der Zeit, auch auf jene oft recht erheblichen und technisch wichtigen Unterschiede zwischen den Holzstücken einer und derselben Holzart hinzuweisen. Diese Unterschiede werden am besten in folgenden Gruppen betrachtet. Einmal Unterschiede in der Beschaffenheit von Holzstücken, die der gleichen Baumart entnommen sind, die aber unter verschiedenen Wachsthumsbedingungen, seien diese örtlich oder klimatisch, oder periodisch für denselben Ort wiederkehrend, Entstehung genommen haben. Zweitens Unterschiede in den verschiedenen Holzstücken eines und desselben Stammes. Drittens Unterschiede, veranlaßt durch Veränderung des Holzes nach der Fällung desselben. — Wir werden diese drei Punkte nach einander abzuhandeln suchen.

Einfluß verschiedener Vegetationsbedingungen.

52 Wir besitzen schon aus dem Vorhergehenden einige Anhaltspunkte über den Einfluß verschiedener Vegetationsbedingungen auf die Ausbildung des Holzes. Ich

erinnere an die Unterschiede zwischen sogenanntem Herbst- und Frühlingsholz, Unterschiede, welche in letzter Linie lediglich erzeugt werden durch den periodischen Verlauf der Jahreszeiten. In Folge der hohen Sommerwärme stellen sich gewisse Vegetationsphasen, die einer hohen Temperatur bedürfen, wie die Neubildung von Organen, auf diese Jahreszeit ein, und so kommt es, daß es in der ersten Periode der warmen Jahreszeit an organischem Material zur Verdickung des Holzgewebes fehlt und daher nur im Herbste ein dichtes Holzgewebe gebildet wird. Mag diese Erscheinung auch noch nicht in allen ihren Einzelheiten aufgehellt sein, so viel ist klar genug, daß eigenthümliche äußere Vegetationsbedingungen mit Ausbildung ganz bestimmter Formen des Holzgewebes in engster Beziehung stehen. Was Wunder also, wenn an irgend einem Orte oder zu irgend einer Zeit sich die Vegetationsbedingungen denjenigen des Herbstes oder des Frühjahrs nähern, daß auch die Ausbildung des Holzes in diesem Sinne eine Aenderung erleidet, daß also an bestimmten Orten mit bestimmten Bodeneigenschaften oder klimatischen Verhältnissen dichteres oder loseres Holz regelmäßig erzeugt wird, oder daß selbst abweichende Witterungsverhältnisse an einem und demselben Orte einen ähnlichen Einfluß äußern.

Daraus geht nun noch nicht hervor, daß die Richtung des Einflusses in jedem einzelnen Falle von vornherein klar zu übersehen wäre; dazu wäre es nothwendig, daß man den Effect von vermehrter Wärme, Feuchtigkeit, Verdunstung, frühzeitiger Frühlingsentwickelung etc. auf die Holzbildung vollständig klar zu überblicken vermöchte, was zur Zeit nicht der Fall ist. Wir müssen also jene Beeinflussung einstweilen noch größtentheils empirisch feststellen.

Ueppigkeit und Dürftigkeit der Entwickelung. Man kann im 53
Allgemeinen sagen, daß die specifisch schwersten Hölzer (das specifische Gewicht immer im lufttrocknen Zustande gerechnet) in südlichen Gegenden, d. h. bei hoher Temperatur und vorwiegender Trockenheit wachsen. Allein diese Erfahrung erstreckt sich doch mehr auf specifisch schwerere Holzsorten, als auf größere specifische Schwere einer und derselben Holzsorte. Im Gegentheil hat man für eine Anzahl von Hölzern gefunden, daß sie gerade in nördlicheren Gegenden oder in rauhen Höhenlagen, oder auch nur auf der Nordseite eines Reviers am compactesten und specifisch schwersten werden, indem sie dort kleinere Jahresringe erzeugen und in diesen das sogenannte Herbstholz vorwiegt. Als gewöhnliches Beispiel für diese Thatsache wird die vorzüglich dichte Qualität des nordischen Kiefernholzes angeführt. Bei dieser Beziehung scheint indessen nicht bloß das rauhere Klima, sondern eine trockne Lage in Betracht zu kommen, in der man auch in Deutschland Nadelhölzer von engen Jahresringen und größerm specifischen Gewichte wachsen sieht. Uebrigens kann unter manchen Verhältnissen auch breitfaseriges Kiefern- und anderes Nadelholz von großer Schwere erwachsen.

Das Richtigste wird wohl sein, wenn man annimmt, daß enge Jahresringe (da wo diese überhaupt einer dichtern Structur entsprechen) bei einer etwas langsamen Abwickelung der Vegetationserscheinungen entstehen, gleichgültig, ob dieselbe durch Mangel an Feuchtigkeit, niedrige Temperatur oder auch durch einen an Nährstoffen armen Standort veranlaßt wird. Wir dürfen dann aber auch nicht

vergessen, daß allzugroße Nässe für die meisten Bäume auch wieder eine minder günstige Vegetationsbedingung ist, und werden uns nicht wundern, wenn wir z. B. bei einer Kiefer auf sehr nassem Boden wieder schmälere Jahresringe entstehen sehen, als auf einem weniger feuchten. Anderen Bäumen allerdings, wie der Erle und den Weiden, kann gar kein zu feuchter Standpunkt geboten werden, und bei diesen Bäumen wird die Nässe die Ueppigkeit der Entwickelung und damit die Breite der Jahresringe nicht zu beeinträchtigen vermögen. Daß hierin große Verschiedenheiten für die einzelnen Baumarten bestehen, muß man wohl beachten. Hierdurch wird aber die allgemeine Beziehung keineswegs gestört, daß das minder üppige Wachsthum meistens dem höhern specifischen Gewichte des Holzes entspricht, woraus dann die weitere Regel folgt, daß die Bedingungen der größten Massenproduction die entgegengesetzten sind von den Bedingungen der Erzeugung einer vorzüglichen Holzqualität (insofern wenigstens, als ein hohes specifisches Gewicht einer für die Technik am meisten erwünschten Holzqualität entspricht).

Es ist dieses Schlußresultat aber nicht mehr richtig für diejenigen Bäume, bei denen Enge der Jahresringe keineswegs ein hohes specifisches Gewicht bedeutet. Man hat nämlich für eine Reihe von Laubhölzern, namentlich für solche, die einen sogenannten starken Porenring im Holze (jenen Ring von Gefäßen, die mit dem bloßen Auge oder der Loupe erkannt werden können) besitzen, die Wahrnehmung gemacht, daß die Anzahl dieser jährlich gebildeten Poren weit constanter zu sein pflegt, als die übrigen constituirenden Bestandtheile des Holzrings, woraus folgt, daß bei solchen Hölzern die breiteren Jahresringe einem compactern Holze entsprechen, da natürlich das Vorhandensein von verhältnißmäßig vielen Poren zur Lockerung des Holzkörpers beiträgt. Bei derartigen Laubhölzern, wozu die Eiche und die Akazie z. B. gerechnet werden, würde also die größere Massenproduction auch mit der dichtern Holzqualität zusammentreffen; und in der That gehört das unter den günstigen Vegetationsbedingungen Südeuropas gewachsene Eichenholz mit zu dem schwersten seiner Art.

Allein es ist jedenfalls diese Beziehung der vorhin in erster Linie für die Nadelhölzer geltend gemachten doch untergeordnet, indem das üppig wachsende Eichenholz des Rheinthals und Hollands ein lockeres Gewebe zeigt, so daß auch hier ein mäßig rasches Wachsthum namentlich einige Spärlichkeit in der Wasserzufuhr den dichtesten Holzkörper erzeugt. Andere Laubhölzer schließen sich gar völlig an das vorhin geschilderte Verhalten der Nadelhölzer an.

Daß aber bei keiner Baumgattung die Verminderung einer jeden die Massenproduction begünstigenden Vegetationsbedingung die Dichtigkeit des Holzes zu steigern bestrebt ist, das erkennt man am besten daraus, daß der enge Stand der Bäume im Wald unter allen Umständen ein leichtes schwammiges Holz erzeugt. Der enge Stand bedeutet physiologisch nichts anderes, als einen Mangel an einer der wichtigsten Vegetationsbedingungen, am Lichte*). Das Licht, das zur Krone und zum Stamm des frei stehenden Baumes in reicherm Maße hinzutreten kann,

*) Derselbe bedeutet freilich auch Einschränkung der Verdunstung, und von Manchen ist es versucht worden, die im Texte namhaft gemachten Erscheinungen diesem Umstande zuzuschreiben.

würde also nach dieser sehr allgemeinen Erfahrung auf Erzielung einer compactern Holzmasse hinwirken, und in der That kann dieses Verhältniß mit sonstigen pflanzenphysiologischen Erfahrungen über die Wirkungsweise des Lichts in Uebereinstimmung gebracht werden. Man hat nämlich in der Landwirthschaft, vorzugsweise beim Anbau von Futtergewächsen die Erfahrung gemacht, daß diese Pflanzen um so weniger verholzen und für den Genuß der Thiere brauchbarer bleiben, je dichter ihr Stand ist, je mehr sie also einander beschatten. Ja man führt das Entstehen von Lagergetreide, welches bei engem Stand in Folge zu üppigen Wachsthums erzeugt wird, auf eine ungenügende Verholzung der rasch aufgeschossenen und stark beschatteten Stengel zurück; daher ein einzelstehender Halm bei üppigster Stickstoffernährung niemals lagert. — Nun wird allerdings die Thatsache des Nichtverholzens dort auf die allgemeinen Folgen eines mäßigen Etiolements (Längerstrecken der Zellen bei geringerer Ausbildung in die Breite) zurückgeführt, während etwas Aehnliches für die Bäume, deren Axenorgane nach dem ersten Jahre gar keine sehr erhebliche Längsstreckung mehr zeigen, und bei denen das Holz bildende Cambium der Belichtung kaum und später gar nicht mehr zugänglich ist, nicht möglich erscheint. Immerhin ist die Art und Weise der Abhängigkeit dieser Erscheinung vom Lichte noch nicht klar genug erkannt, um eine analoge Erklärung ganz unmöglich zu machen; und jedenfalls erhält unser Gedächtniß durch die vielleicht nur scheinbare Analogie einen Anhaltspunkt*).

Als einige weitere Beziehungen der Holzeigenschaften zu dem Standorte und den Vegetationsbedingungen der Bäume wären hier zu nennen, daß Bäume auf trocknem Boden ein biegsameres und elastischeres Holz zu geben pflegen, als solche von feuchtem Standorte. Auch neigen die letzteren mehr zu denjenigen Fäulnißprocessen, die sich schon am lebendigen Baume vollziehen.

Es würden weiter an dieser Stelle die Unterschiede zwischen jungem und altem Holze hinsichtlich seiner Tauglichkeit zu Bauzwecken zu behandeln sein. Allein diese Unterschiede sind zum Theil dieselben, welche wir sogleich für die jüngeren und älteren Theile eines und desselben Stammes zu besprechen haben werden; theilweise fällt das hier zu Sagende in das Capitel von der Veränderlichkeit des Holzes verschiedenen Alters. Schon aus den hier geltend gemachten Gründen sind wir an diesem Orte der Behandlung des angedeuteten Gegenstandes überhoben. Außerdem muß man beachten, daß man in der Bautechnik in den meisten Fällen in dieser Hinsicht gar keine Wahl treffen kann, da das Alter des zu verwendenden Baumes natürlich mit durch die Stärke des Balkens bestimmt wird, dessen man gerade bedarf.

---

*) Es wäre an dieser Stelle daran zu erinnern, daß sich der Einfluß eines mäßigen Etiolements auf die Längsstreckung von Trieben nicht bloß auf chlorophyllhaltige Gewächse und Pflanzentheile erstreckt, sondern auch für chlorophylllose Pflanzen nachgewiesen ist. — Der Einfluß eines engen Standes der Bäume auf die Ausbildung des Holzkörpers ist übrigens mit der gemachten Angabe keineswegs erschöpft. Die Holzringe pflegen nach der Beseitigung des engen Standes durch Lichtung der umgebenden Bäume sehr viel breiter, die Krone umfangreicher zu werden, mit einem Worte, das Schießen in die Länge macht einer massigen und zugleich compacten Ausbildung Platz. Vergl. über diesen Gegenstand: Nördlinger: Der Holzring rc., Stuttgart 1872, S. 7, 13.

54 **Einfluss der Fällungszeit.** Allein ein anderer Punkt bedarf hier noch einer etwas eingehenderen Besprechung. Ich meine den Einfluß der Fällungszeit des Holzes auf dessen Qualität, obschon wir auch auf diesen Punkt später bei Behandlung der Veränderungen, welche das Holz nach der Fällung erleidet, noch einmal zurückzukommen gezwungen sind. Es ist eine für die meisten Hölzer unbestreitbar feststehende Thatsache, daß das Trockengewicht des Sommerholzes kleiner ist, als das eines gleichen Volums Winterholz (wobei die Bezeichnungsweise des Holzes sich selbstredend auf die Fällungszeit bezieht). Das Mindergewicht eines Volums Holz im trocknen Zustande beträgt für den Sommer nach Hartig bei den Laubhölzern 8 bis 9 Proc., bei den immergrünen Nadelhölzern 5 Proc.*). Die Volumina sind bei dieser Vergleichung im grünen Zustande gemessen. Es müßte also eigentlich, um zu exacten Zahlen für trocknes Holz zu gelangen, eine Correction für die Größe des Schwindens angebracht werden. Auch wollen wir bemerken, daß Nördlinger in neuerer Zeit für mehrere Laubhölzer kleinere Zahlen für die Unterschiede der specifischen Trockengewichte in verschiedenen Jahreszeiten gefunden hat.

Obgleich die mitgetheilte Gesetzmäßigkeit eine sehr allgemeine zu sein scheint, so ist doch von einzelnen Ausnahmen zu berichten. Nicht nur findet man bei anscheinend zur Vergleichung gut gewählten Stämmen in einzelnen Fällen solche Ausnahmen, sondern es hat beinahe den Anschein, als ob einzelne Holzarten der Regel gar nicht folgten. Wenigstens würde die Lärche nach den Hartig'schen Angaben diese Rolle spielen. Ob sich dies wirklich so verhält, müssen weitere exact durchgeführte vergleichende Versuche lehren. Weiter hat man auch bei allen Stämmen, deren Kern saftleer ist und schon den Anfängen von Zersetzungserscheinungen unterliegt, die Regel nicht bestätigt gefunden, vielleicht weil hier die in Rede stehende Gesetzmäßigkeit durch das Resultat anderer, in den älteren Theilen des Stammes sich abwickelnden Erscheinungen verdeckt wird.

Was die Erklärung der trotz dieser Ausnahmen sehr allgemeinen Gesetzmäßigkeit betrifft, so ist es damit übel bestellt. Man kennt allerdings einige Factoren, die in dieser Richtung wirken; aber man kann sich kaum der Hoffnung hingeben, daß sie hinreichend seien, die Sache zu erklären. So möchte ich an die größere Dichtigkeit des Herbstholzes erinnern, das im Winter in größerem Maßstabe an der Zusammensetzung der Stämme participirt, als im Sommer. So hat man an die Reservestoffe des Winterholzes gedacht, oder hat selbst zur Erklärung von dergleichen Thatsachen die Vorgänge der Zellverdickung im Winter weiter gehen lassen (Hartig). Wenn nun auch die beiden ersteren Factoren als weitaus ungenügend erscheinen (dem letztgenannten darf man wohl kaum ernstlich zur Erklärung Raum verstatten), so scheint es doch, als ob man mit ihrer Annahme auf dem rechten Wege wäre.

Abgesehen von aller Erklärung können wir jedenfalls hier mit Sicherheit die Thatsache constatiren, daß man durch Fällen in der Winterzeit im Allgemeinen specifisch schwereres Holz gewinnt. Wie sich dann das Winterholz zum Sommer-

*) Vergl. Nördlinger: Techn. Eigensch. d. Hölzer 1860, S. 125.

holz in Bezug auf seine Dauerhaftigkeit verhält, und ob hieraus andere Regeln für die Fällungszeit abzuleiten sind, werden wir später sehen.

Die Schwankungen des Grüngewichts zwischen Sommer und Winter haben für uns kein besonderes Interesse, da, wie schon früher hervorgehoben, die Grüngewichte eine zusammengesetzte Function aus den Trockengewichten und dem Saftgehalte darstellen, direct also keinen Maßstab in die Hand geben für die Beurtheilung irgend einer technisch wichtigen Eigenschaft. Bezüglich des Saftgehalts aber stellt sich eine sehr einfache Beziehung — wenigstens in unseren Klimaten — für Sommer- und Winterholz heraus. Das Winterholz ist nämlich durchgehends saftreicher und zwar einfach aus dem Grunde, weil in dieser Zeit die Bodenfeuchtigkeit am größten ist, während keine Verdunstungsorgane (Blätter) am Baume vorhanden sind. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, dürfte indessen — ganz abgesehen von dem Phänomene des Saftsteigens bei manchen Bäumen, welches nichts mit dem Wasserreichthum des Holzkörpers zu thun hat — die erste Frühlingsperiode vor der Knospenentfaltung der Winterzeit an Saftgehalt des Holzes mindestens gleichkommen. Indessen wird diese Annahme durch die umfassendsten bis jetzt vorliegenden Untersuchungen, die von Hartig herrühren, nicht bestätigt. (Vergl. auch Tharander Forstl. Jahrb. XVI, S. 295.) Freilich zeigen die Resultate derselben auch sonst noch manches Räthselhafte, was uns jedoch nicht abhalten kann, die Durchschnittsergebnisse dieser Untersuchungen für eine große Reihe verschiedener Holzarten hier kurz mitzutheilen.

Hartig fand den Saftgehalt für folgende Monate im Durchschnitt:

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	Septbr.	Novbr.
	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.
von 7 weichen Laubhölzern	53	53	51	49	47	47	50	47	45
von 16 harten Laubhölzern	41	38	36	36	39	35	39	38	34
von 5 Nadelhölzern . .	60	58	59	54	60	61	60	58	58
von 30 verschiedenen Hölzern	51	50	49	46	49	48	50	48	46

Das Wasser wurde bei diesen Versuchen nicht völlig, sondern nur bis auf einen gut lufttrocknen Zustand der Hölzer entfernt.

Man sieht in der That, daß die Maxima des Wassergehaltes vorwiegend auf die Wintermonate fallen. Nur für die Nadelhölzer, die ihre verdunstenden Organe (mit Ausnahme des Lärchenbaums von den hier berücksichtigten Bäumen) auch im Winter beibehalten, gilt dies nicht*). Merkwürdiger Weise erscheinen

*) Vergl. auch die Untersuchungen Ulbricht's über den Wassergehalt der Fichte: Tharander Forstl. Jahrb. 21, S. 96.

aber April und November, zwei Monate, wo wegen eben erst beginnender Knospenentfaltung oder schon vollzogenen Blätterabfalls von erheblichen Verdunstungsgrößen nicht die Rede sein kann, als die Monate geringsten Saftgehalts. Wir werden daher gut thun, uns daran zu erinnern, daß die Hartig'schen Zahlen in einem und demselben Jahre ermittelt worden sind und daß ein jedes Jahr seine individuellen Verschiedenheiten zu haben pflegt*). Erwähnt mag dabei zugleich wenigstens werden, daß Schübler seiner Zeit in freilich unvollkommenen Versuchen für eine Reihe von Bäumen, und ebenso Nördlinger wenigstens für einen Versuchsbaum, die Esche, eine Zunahme des Saftgehalts gegen den Frühling zu constatirt hat**), ein Umstand, der uns einstweilen verhindert, ein durchaus endgültiges Urtheil zu fällen. Uebrigens dürften kaum die Resultate derartiger Versuche einen praktischen Einfluß auf die Wahl der Fällungszeit ausüben.

55 **Das specifische Gewicht des Holzes als Massstab seiner technischen Nutzbarkeit.** Nachdem wir so den Einfluß der äußeren Wachsthumsbedingungen auf das specifische Gewicht des Holzes skizzirt haben, müssen wir uns auch darüber klar zu werden suchen, in welchem Verhältniß das specifische Gewicht nun seinerseits in diesem Falle zu den technisch wichtigen Eigenschaften der Hölzer stehen wird. Wir haben in unserer Darstellung schon gelegentlich angedeutet, daß durch das höhere specifische Gewicht das Holz im Allgemeinen einen höheren technischen Werth erhält, und man hat sich vielleicht über diese stillschweigende Annahme gewundert, da wir früher bei Vergleichung von Hölzern von verschiedenen Bäumen gesehen haben, daß eine unmittelbare Beziehung zwischen diesen beiden Größen keineswegs besteht. — Allein man muß unterscheiden. Bei verschiedenen Hölzern, wovon ein jedes eine ganz andersartige anatomische Structur und eine ganz andere chemische Zusammensetzung des festen Holzgewebes besitzen kann, wirken diese Factoren zum Zustandekommen der Festigkeit, der Härte — kurz der technisch wichtigen Eigenschaften mit, indem diese ja durchaus nicht der Summe der festen Gewebemasse in der Raumeinheit proportional geschätzt werden dürfen.

Bei einer und derselben Holzart ist dagegen die gleiche Beziehung nothwendig eine viel engere, da man annehmen kann, daß Structur und Zusammensetzung des Holzes auch bei etwas anderer Ernährung des Baumes und etwas stärkerer Verdickung der Holzzellen wenigstens annähernd dieselben bleiben werden. Es ist freilich nicht zu läugnen, daß untergeordnete Eigenschaften, wie Spaltbarkeit in der Richtung der Jahresringe, in hohem Grade vom Standort und überhaupt von der Ernährung des Baumes abhängig sein können, insofern dieselben durch möglichst ungleichartige Ausbildung des Frühjahr- und Herbstholzes begünstigt werden. Allein diese Eigenschaften haben, wie schon früher hervorgehoben, für den Zweck, den wir hier verfolgen, eine untergeordnetere Bedeutung. — Kurz, so wenig an sich die

*) So sah Nördlinger (Pfeil's Kritische Blätter 1867, II, S. 229) in vergleichenden Versuchen mit jungen Eichen- und Buchenstämmchen in einem nassen Sommer und trocknen Winter die sonst geltenden Gesetzmäßigkeiten sich geradezu umkehren.

**) Vergl. Nördlinger: Die techn. Eigensch. d. Hölzer 1860, S. 60, 61.

technische Brauchbarkeit verschiedenartiger Hölzer zu baulichen Zwecken nach den respectiven specifischen Gewichten bemessen werden darf, so ist diese Größe doch für eine Abschätzung der Güte einer und derselben Holzart als Maßstab brauchbar, wennschon eine volle Proportionalität auch für diesen Fall nicht behauptet werden soll.

Natürlich sind aber die Einwirkungen von der Art des Standorts und der Ernährung eines Baumes auf die Eigenschaften des von ihm erzeugten Holzes mannigfaltiger Natur, ohne daß wir hier von allem darüber Bekannten Notiz zu nehmen brauchten. Erwähnt sei nur, daß auch die Farbe des Holzes abhängig ist von dem Grund und Boden, auf dem der Baum gewachsen, daß ein armer Boden helleres Holz, ein an Nährstoffen reicher fetter und humoser Boden ein dunkleres Holz zu erzeugen pflegt. Aehnlich wie ein armer Boden wirkt eigenthümlicher Weise auch ein lichter Stand der Bäume. Es sind dies Erfahrungen, die man einstweilen ohne weitere Interpretation zu verzeichnen gezwungen ist. — Hier reiht sich dann auch die Thatsache an, daß Mistjauche, welche in der Nähe von Bäumen in den Boden gelangt, das Holz derselben dunkler zu färben pflegt.

Verschiedenheit des Holzes aus verschiedenen Gegenden eines und desselben Stammes.

Ebensowenig wie wir vorhin in unseren allgemeinen vergleichenden Betrachtungen Rücksicht genommen hatten auf die Verschiedenartigkeit einer und derselben Holzart bei verschiedenen Ernährungsbedingungen, so wenig haben wir die Unterschiede in Beschaffenheit des Holzes in Betracht gezogen, die sich für verschiedene Orte eines und desselben Stammes ergeben. Auch diesen Punkt haben wir hier nachzuholen. Die Angaben, die in Beziehung auf denselben vorliegen, können auch hier wieder zweckmäßig als Steigerung oder Verminderung des specifischen Gewichtes ausgedrückt werden. Wir wissen dann schon, ob es sich um eine Verbesserung oder Verschlechterung des Holzes in den von uns ins Auge gefaßten technischen Beziehungen handelt.

Wurzelholz und Stammholz. Zunächst kann betreffs der Unterschiede 56
zwischen Stamm- und Wurzelholz in weitgehender Gemeingültigkeit der Satz ausgesprochen werden, daß das letztere im trocknen Zustande das specifisch leichtere ist. Nur einzelne langsam wachsende (bei Nadelhölzern auch wohl besonders harzreiche) Seitenwurzeln machen hiervon eine Ausnahme — eine Einschränkung, die für unsern Zweck kaum der Erwähnung werth ist. Bewirkt wird die größere specifische Leichtigkeit des Wurzelholzes unter Anderm durch dessen weitere Holzzellen, die z. B. bei Hölzern, deren Holzzellen im Stamme ausnahmslos nur eine Reihe von Tüpfeln besitzen, in der Wurzel wegen ihrer größeren Breite Platz für deren zwei haben. Das Wurzelholz hat mithin für alle Zwecke, für welche Härte und Festigkeit des Holzes in Anspruch genommen wird, einen entschiedenen Minderwerth dem Stammholz gegenüber. Nur die Festigkeit senkrecht zur Axenrichtung ist wegen der vielfachen Verästelung des Wurzelholzes häufig eine größere, seine

Spaltbarkeit eine geringere, und da diese letztere Größe bei der rückwirkenden Festigkeit keine ganz untergeordnete Rolle spielt, so mag hier wenigstens auf diesen Punkt aufmerksam gemacht werden, so wenig demselben bei der auch sonst geringen Verwendbarkeit des Wurzelholzes zu technischen Zwecken eine allgemeinere Bedeutung zukommt.

57 **Astholz und Stammholz.** Die Frage, ob das Holz des Stammes oder der Aeste ein höheres specifisches Gewicht besitzt, läßt sich nicht in so umfassender Weise beantworten, wie die eben behandelte Frage. Bei mehreren Nadelhölzern hat man das specifische Gewicht des Holzes der größeren Aeste höher gefunden, als das Durchschnittsgewicht des Stammes. Für die unregelmäßiger beästeten Laubhölzer, an welche sich in dieser Beziehung die Kiefer anschließt, läßt sich diese Frage nicht allgemein und nicht ohne vorhergehende Erörterung der Vertheilung des specifischen Gewichtes im Holze des Stammes selbst beantworten. Bei derartigen Bäumen verhalten sich die größeren Aeste nämlich den höher gelegenen Stammtheilen völlig analog.

58 **Splintholz uud älteres Holz.** Was das specifische Gewicht des Holzes von verschiedenen Orten des Stammes selbst betrifft, so sind zwei Richtungen zu unterscheiden, für welche diese Frage erörtert werden muß, das Oben und Unten im Stamme und das Innen und Außen. In diesen beiden Richtungen haben wir sehr große Verschiedenheiten für Ab- und Zunahme, ja beinahe alle möglichen Variationen für die verschiedenen Bäume zu verzeichnen. Bei sehr vielen Bäumen steigt das specifische Gewicht von innen nach außen im Stamme continuirlich, so daß es im jüngsten Splint sein Maximum erreicht. Hierhin sind zu rechnen die Birke, die Aspe (Populus tremula), die Roßkastanie u. a. m., und von den Nadelhölzern Lärche und Fichte. Bei anderen Bäumen ist es gerade umgekehrt, so bei der Esche, bei der Silberpappel (Populus alba) und bei der Zirbelkiefer (Pinus cembra), so daß hier im Kernholze, resp. in der Mitte des Reifholzes die Stellen von größtem Trockengewichte liegen. Wieder bei anderen Hölzern steigt anfangs das specifische Gewicht von innen nach außen, wie bei den erstgenannten Bäumen; bei älteren Stämmen tritt aber später eine Umkehrung ein, so daß das Minimum des Gewichtes endlich im Splint, das Maximum zwischen Mitte und Umfang liegt. Dies Verhalten ist neben dem erstgenannten sogar das verbreitetste, und man könnte von ihm ausgehend die beiden anderen Fälle als Specialitäten betrachten. Constatirt wurde dasselbe an Eiche, Buche, am gemeinen Ahorn (Acer pseudoplatanus), an der Weymuthskiefer und vielen anderen Bäumen.

Der gerade umgekehrte Fall, Minimum der Dichte in der Mitte zwischen Mitte und Splint, ist jedenfalls der seltenste, er wurde an der gemeinen Kiefer, an der Fichte und an der Edelkastanie beispielsweise beobachtet, bleibt sich aber in der Regel nur für beschränkte Höhenlagen des Stammes constant.

Die Schlüsse, die aus diesem verschiedenen Verhalten der Dichtigkeit im Innern und Aeußern von Stämmen für die Festigkeit dieser verschiedenen Stammpartien abgeleitet werden können, sind nicht ganz so mannigfaltig, wie dies Ver-

halten selbst, weil in den verhältnißmäßig wenigen Fällen, in denen das Kernholz, resp. der mittlere Theil des Stammes ein höheres specifisches Gewicht besitzt, wie die ihn umgebenden Holztheile, dennoch kaum die größte Festigkeit dort gesucht werden darf, indem häufig secundäre Veränderungen, wie wir sie nachher zu betrachten haben werden, dem innersten Theile des Stammes wieder einen Theil seiner specifischen Festigkeit geraubt haben. Dagegen können die Hölzer in zwei große Gruppen gebracht werden, in deren einer die größte Festigkeit im jungen Splinte, in deren anderer dieselbe zwischen Splint und Mitte des Stammes gesucht werden muß. Man könnte nach diesem Gesichtspunkte vielleicht auch praktisch zu verwerthende Tabellen anfertigen, indessen erscheint das empirische Material hierzu noch nicht ganz ausreichend, da namentlich zu berücksichtigen ist, daß in verschiedenen Stammhöhen die besprochenen Verhältnisse keineswegs immer unverändert dieselben bleiben, auch individuelle Verschiedenheiten noch einen zu großen Raum einnehmen.

Wenn man nach der Ursache fragt für das verschiedene specifische Trockengewicht des Holzes in den inneren und den äußeren Schichten des Stammes, so ist bei unserer mangelhaften Einsicht in die betreffenden Vorgänge eine befriedigende Antwort begreiflicher Weise unmöglich. Nur mag hier nochmals hervorgehoben werden, daß die meisten der ins Auge fallenden Unterschiede schon bei der ersten Bildung des Holzes begründet sind. Hat ein Stamm ein schwereres Kernholz als Splint, so hat man sich nicht zu denken, daß der ursprüngliche leichte Splint im Innern wesentlich durch secundäre Processe specifisch schwerer geworden sei, sondern man kann mit Zuverlässigkeit annehmen, daß der junge Stamm, aus dessen Splint nachher Kernholz geworden ist, damals schwereren Splint erzeugt hat, so daß man zugleich dadurch einen Anhaltspunkt gewinnt für die specifische Schwere junger und alter Stämme im trocknen Zustande.

Das Holz oben und unten am Stamme. Wir haben sodann das 59
Variiren des specifischen Gewichtes in einem und demselben Baume von oben nach unten ins Auge zu fassen. In Bezug auf diesen Gegenstand besteht in der einschlägigen Literatur viel Verwirrung, die sich indessen großentheils auf ein merkwürdiges Mißverständniß zurückführen läßt. Um in diesen Irrthum Einblick zu gewinnen, denke man sich einen Stamm, welcher in seinem untern Theile eine Zunahme seines specifischen Gewichtes von innen nach außen zeigt, während gegen die Krone hin sich dieses Verhältniß in einem gewissen Grade umkehrt (gleichviel ob nun gerade diese Annahme dem wirklich Vorkommenden entspricht). Mißt man nun das specifische Gewicht des Stammes oben und unten durch gleich viel Theile inneren und äußeren Holzes, also z. B. durch einen radialen prismatischen Stab, den man an beiden zu vergleichenden Stellen aus dem Holzkörper herausschneidet, so können die Verhältnisse offenbar so gedacht werden, daß sich eine Zunahme des specifischen Gewichtes von unten nach oben herausstellt, indem nämlich der Splint weniger an Gewicht verliert, als der innere Holzkörper gewinnt. Mißt man nun aber anstatt mit einem solchen Stabe mit dem Querschnitt des Holzes, mit einer Scheibe, die diesen ganz umfaßt, so kommen in diesem Falle die äußeren Schichten weit mehr zur Geltung, und der an sich geringere Gewichtsverlust des Splintes kann den an sich größern Gewichtszuwachs des innern Stammes überwiegen.

Man wird, auf diese Weise messend, also gerade umgekehrt behaupten, das specifische Gewicht des Stammes sei oben ein niedrigeres. Um die aus solcher verschiedenartigen Anschauungsweise entspringenden Irrthümer zu vermeiden, werden wir uns hinsichtlich dieses Punktes einer unzweideutigen Ausdrucksweise befleißigen.

Die Erfahrung lehrt nun, daß bezüglich der Aenderung im specifischen Gewichte von unten nach oben im Stamme ganz ähnliche Unregelmäßigkeiten stattfinden, wie wir sie vorhin für die Aenderungen von innen nach außen constatirt haben. Ein allgemeines Gesetz läßt sich auch hier keineswegs aufstellen. Bei vielen Bäumen sinkt das Trockengewicht des Holzes von unten nach oben zu und zwar sowohl für die Mitte des Stammes als für den Splint. Hierhin gehören die Buche, die Esche, die Weymuthskiefer, der Eibenbaum u. a. m. Bei anderen gilt diese Regel nur eine Strecke weit den Stamm hinauf, um nachher sich in die entgegengesetzte zu verwandeln, so bei der Aspe, der Eiche, dem Lärchenbaum, der gemeinen Kiefer. Wieder bei anderen, wie bei der Birke, findet innen und außen ein continuirliches Steigen des Trockengewichtes des Holzes von unten nach oben statt.

Dann kommen aber noch die Bäume, deren Splint sich in dieser Beziehung anders verhält, wie die Mitte des Stammes, und diese sind es eben, welche Veranlassung zu Irrthümern geben, wenn man kurzweg von dem Leichter- oder Schwerwerden des Holzes nach oben zu spricht. So schließt sich die Fichte im Innern ihres Stammes der für die gemeine Kiefer geltenden Regel an; im jungen Holze dagegen liegt gerade ein Maximum der Dichtigkeit des Holzes in einer bestimmten Höhe, um von da nach oben und unten abzufallen, und eine ganz ähnliche Complication gilt auch für die Silberpappel. Bei diesem Verhältnisse ist dann, wie vorhin angedeutet, recht gut denkbar, daß eine z. B. der Fichte an der Stelle ihrer geringsten Dichte in der Axe entnommene Scheibe schwerer ist als eine solche weiter oben oder unten entnommene, während von denselben Stellen stammende radiale prismatische Holzleisten gerade das umgekehrte Verhältniß zeigen.

Die geschilderten Verhältnisse sind, wie man sieht, so wenig gesetzmäßig und so complicirt, daß es unmöglich ist, eine Regel über dieselben aufzustellen. Von einer Einsicht in die Gründe für jene ungleichmäßige Ausbildung des Holzkörpers kann zur Zeit ohnehin nicht die Rede sein.

60 **Nochmals Astholz.** Wir haben vorhin bei Besprechung der specifischen Schwere des Astholzes theilweise auf die eben jetzt vorgenommene Besprechung der Unterschiede zwischen oberem und unterem Stammholz vertröstet, und wir mußten dies thun, weil die meisten größeren Aeste, bei denen überhaupt an eine Verwendung in der Bautechnik gedacht werden kann, sich bei der Mehrzahl der Laubhölzer gar nicht in irgend wesentlichen Merkmalen von dem obern Stammende unterscheiden. Bei diesen Bäumen gilt also auch in Bezug auf die specifische Schwere des Astholzes ungefähr das, was für die specifische Schwere des Gipfelholzes gesagt werden konnte. Für andere Holzarten, bei denen die Verzweigung in regelmäßigerer Weise erfolgt, und bei welchen immer ein Unterschied bestehen bleibt zwischen den seitlichen Axenorganen und der Hauptaxe, gilt dies, wie gesagt, nicht; aber für

das specifische Gewicht der Aeste dieser Bäume haben wir bereits oben die nöthigsten Bemerkungen gemacht.

Veränderung des fertigen Holzes. Zwei Gründe haben wir eben schon kennen gelernt, warum mit Bezeichnung des Holzes nach der Baumart hinsichtlich seiner Qualität noch lange nicht alles erschöpfend gesagt ist. Der eine war die verschiedenen Wachsthumsbedingungen, unter denen das Holz Entstehung genommen hat, der andere die Ungleichartigkeit des Holzes eines und desselben Stammes. Ein dritter Grund, der noch ganz wesentlich für diesen Gegenstand in Betracht kommt, liegt in der Veränderlichkeit des fertigen Holzes unter den gewöhnlichen atmosphärischen Einflüssen. Wir kommen damit auf ein sehr umfassendes Capitel, das wir am besten unter mehreren Gesichtspunkten betrachten. 61

Veränderungen am lebenden Holze. Die Veränderungen, welche das fertige Holz nachträglich erleidet, nehmen ihren Anfang nicht etwa ausschließlich nach vollzogener Fällung, sie beginnen strenge genommen für das ältere Holz schon im Baume selbst. Wir haben schon mehrmals gelegentlich davon gesprochen, daß das ältere Holz im Innern der Bäume nicht im strengeren Sinne des Worts ein belebter Körper sei. Es wird damit natürlich nicht gesagt, daß es keinen physiologischen Functionen mehr diene, denn wir wissen im Gegentheil, daß die Wasserleitung in unseren Bäumen vorzugsweise durch das Holz — wenn auch in der Regel nicht durch dessen ältesten Theil — besorgt wird. Allein als im engern Sinne des Worts belebt kann dasselbe deshalb nicht gelten, weil jene geheimnißvollen Erscheinungen des Wachsthums, der Zelltheilung, der Protoplasmabewegung in ihm nicht mehr vollzogen werden, mit anderen Worten, weil dasselbe kein Protoplasma mehr besitzt. Es ist wohl kaum nöthig zu bemerken, daß ich mir dabei wohl bewußt bin, daß das Geheimnißvolle ihres Zustandekommens unmöglich dauernd als eine Definition für die Lebenserscheinungen gelten kann, indem wir uns ja vielmehr bestreben, gerade die Lebenserscheinungen immer mehr und mehr ihres dunklen Schleiers zu berauben. Allein nichtsdestoweniger besteht ein tiefgreifender Unterschied zwischen denjenigen Gewebetheilen eines Organismus, deren Thätigkeiten schon jetzt auf chemische und physikalische Gesichtspunkte zurückzuführen sind, und denjenigen, bei denen dies zur Zeit nicht gelingt und voraussichtlich auch lange nicht gelingen wird. Zu der erstern Classe gehört bei den Pflanzen in erster Linie der Holzkörper. Nur um dies Verhältniß zu constatiren, mußten wir uns jener allerdings interpretirungsbedürftigen Ausdrucksweise bedienen. 62

Einer der Hauptunterschiede, durch welche sich solche nicht mehr belebten organischen Gewebe, wie der Holzkörper, vor der andern Gruppe von Geweben auszeichnen, ist nun der, daß dieselben weit leichter als diese „spontanen“ Zersetzungsprocessen, wie sie z. B. von den Atmosphärilien angeregt werden, unterliegen. Am entschiedensten tritt uns dies Verhalten entgegen in den durch Fäulniß stark ausgehöhlten Bäumen. In diesem Falle hat ein Theil des Holzkörpers, gewöhnlich nach einer äußeren Verletzung des Stammes (Frostspalte, Astbruch, muthwillige Entfernung der Rinde und des Cambiums) oder nach Absterben der Pfahlwurzel,

in Folge von Zugänglichkeit für atmosphärische Einflüsse mit der Fäulniß begonnen; diese hat sich weiter und weiter auf den Holzkörper übertragen, während das Cambium lebenskräftig bleibt und fortdauernd neue Holzringe bildet, und so ist schließlich eine große Höhlung in dem sonst vielleicht ziemlich gesunden Baume entstanden, welche am besten Zeugniß davon ablegt, wie wenig das Leben des Baumes von der Existenz des Holzkörpers abhängig ist*).

Da also in einem lebenden Baume Processe an dem Holzkörper sich vollziehen können, welche zur völligen Lösung seines Zusammenhangs, also zur völligen technischen Entwerthung des Holzes führen, so ist es begreiflich, daß auch schon das Holz innerhalb des lebenden Stammes weniger tiefgreifenden Modificationen seiner Härte und Festigkeit unterliegen kann. Trotzdem bedürfen derartige Vorgänge kaum unserer nähern Beachtung, da es eben ihre Eigenthümlichkeit ist, sich in Extremen zu bewegen. Entweder ist das Holz an irgend einer verletzten Stelle des Stammes der Einwirkung der Atmosphärilien zugänglich, und es kommt wirklich zur Fäulniß — nun, so wird eben diese Stelle des Stammes für technische Zwecke völlig unbrauchbar. — Oder aber es liegt keine so tiefgreifende Beschädigung vor; das älteste Holz in der Mitte des Stammes hat sich nur unwesentlich verändert, es hat durch Zersetzungsprocesse unbekannter Art eine dunklere Färbung angenommen, auch wohl ein Weniges an seiner Festigkeit eingebüßt. Diesem Umstande wird genügend Rechnung getragen dadurch, daß man, wie wir vorhin auseinandergesetzt haben, das Kernholz trotz seines manchmal höheren specifischen Gewichtes in seiner Festigkeit um ein weniges geringer schätzt, als jüngere Holzpartien oder als den Splint. Jedenfalls sind die Unterschiede, um die es sich handelt, so gering, daß man auf diese Weise keine merklichen Fehler begehen wird, namentlich wenn man bedenkt, welche individuelle Schwankungen auch sonst vorzukommen pflegen, und daß man bei Festigkeitsberechnungen in der Praxis doch stets ein Vielfaches von der nach der Berechnung ausreichenden Größe aufwenden muß.

63 **Veränderungen des Holzes nach der Fällung in Folge von Wasserverlust.** Die Veränderungen, welche das nicht mehr in organischem Zusammenhange mit dem Baume stehende Holz unter dem Einflusse der Atmosphärilien erleidet, können unter die beiden Gesichtspunkte gebracht werden: Veränderungen in Folge von Wasserverlust und tiefergreifende chemische Veränderungen oder Zersetzungen. Wir fassen zunächst die erstgenannte Art von Veränderungen ins Auge.

Unter gewöhnlichen Umständen in unseren Klimaten verliert das gefällte Holz im Freien liegend einen Theil seines Wassergehaltes. Im lebenden Zustande wurden die Stämme durch die Wurzel in einer immer noch nicht völlig aufgeklärten Weise mit Wasser versorgt, und so viel sie auch davon an die verdunstende Laubkrone abzugeben gezwungen waren, sie erhielten sich auf einem Saftreichthume, der ein höherer ist, als todte Stämme, den wechselnden Einflüssen der Witterung ausgesetzt, zu besitzen pflegen. Diese verdunsten durch die Hirnflächen, wenn sie

*) Die Kernfäule des Holzes ist freilich für viele Baumarten (Buche, Esche, Fichte, Tanne 2c.) eine gefährliche Krankheit, aber doch nur aus secundären Gründen.

gespalten sind oder Risse besitzen, auch seitlich große Mengen ihres natürlichen Saftgehalts und das sie benetzende Regenwasser und die hygroskopische Wasseranziehung des Holzes bei feuchter Luft vermögen ihnen das Verlorene nicht zu ersetzen. Schließlich stellt sich das Holz auf einen Feuchtigkeitsgehalt ein, den es je nach den äußeren Umständen in unregelmäßigen Schwankungen wohl verläßt, zu dem es aber nach längerer oder kürzerer Zeit immer wieder zurückkehrt; — es befindet sich alsdann im lufttrocknen Zustande.

Man ersieht aus dem Gesagten, daß der Begriff der Lufttrockenheit ein sehr schwankender ist, daß die Menge Wasser, welche ein lufttrocknes Holzstück enthält, nothwendig abhängig sein muß von den allgemeinen klimatischen Verhältnissen, von etwaigem Schutz gegen Regen, von der letztvergangenen Witterungsperiode, von der Dauer des Liegens, von der Größe und Gestalt des Balkenstücks &c. Der specifische Einfluß der Holzart scheint hiergegen unbedeutend zu sein. Man darf sich also nicht wundern, daß die Angaben über den Wassergehalt im lufttrockenen Zustande innerhalb weiter Grenzen schwanken. Die Angaben bewegen sich in der That zwischen 10 und 25 Proc. Rumford fand jedoch seiner Zeit in der völlig lufttrockenen Substanz der gewöhnlichsten Hölzer ziemlich übereinstimmend 16,6 bis 19,6 Proc. Wasser. Jedenfalls ragen die Zahlen in ihren Extremen noch eben in die des Saftgehalts der trockneren grünen Hölzer hinein.

Der Wasserverlust der Hölzer bis zur Lufttrockene nun an sich wäre ein Vorgang, den wir nicht weiter als Veränderung des Holzes in seinen Eigenschaften zu betrachten brauchten, da er ein absichtlich beförderter Vorgang ist, ohne welchen eine Verwendung des Holzes in der Bautechnik seine großen Schwierigkeiten haben würde. Das frischgefällte grüne Holz, sollte es auch das lufttrockne an Festigkeit oder irgend einer andern technisch wichtigen Eigenschaft überragen, ist deshalb von der Verwendung als Baumaterial so ziemlich ausgeschlossen, weil der hohe Wassergehalt es außerordentlich zur Verderbniß geeignet macht, und auch in vielen Fällen die Holzconstructionen bei den Volumenveränderungen, wie sie beim nachträglichen Austrocknen unfehlbar eintreten, in Folge von mannigfachen Verbiegungen leiden würden. Aus diesen Gründen bezogen sich auch alle von uns angeführten Zahlen hinsichtlich der technisch wichtigen Eigenschaften der Hölzer auf den lufttrockenen (in einzelnen Fällen auf den völlig trockenen) Zustand.

Das Schwinden und Reissen. Der Grund, warum uns jene Veränderungen beim Austrocknen interessiren, ist gerade jene Verminderung des Volums und deren weitere Folgen, welche unabänderlich mit ihnen verbunden sind, mit einem Worte: das Schwinden und Reißen der trocknenden Hölzer. Welche technische Bedeutung die Volumverminderung des Holzes bei nachträglicher Austrocknung schon an sich besitzt, haben wir vorhin angedeutet. Hier haben wir besonders darauf hinzuweisen, in welcher Beziehung das Reißen des Holzes zu dieser Volumverminderung steht. Wäre das Holz in verschiedenen Richtungen von völlig gleichartiger Structur, so würde seine Volumverminderung bei Verlust seines Imbibitionswassers durchaus gleichmäßig vor sich gehen, vorausgesetzt, daß auch durch ungleichartige äußere Verhältnisse einzelne Schichten nicht besonders rasch ihr Wasser einbüßten. Allein das Holz ist, wie wir wissen, ein Körper von einer 64

ganz bestimmten, nach verschiedenen Richtungen hin ungleichartigen Structur, und dadurch ändert sich die Sache. Aber nicht bloß die Structur des Holzes und damit dessen Schwindungsvermögen ist ungleichförmig, auch der Wassergehalt der inneren und äußeren Schichten ist naturgemäß im frischen Zustande verschieden. Häufig ist ja der Kern des Holzes, der von einem gewissen Zeitpunkte an aufhört, der Wasserleitung zu dienen, im Vergleiche mit dem Splinte außerordentlich saftleer*). Da nun namentlich bei entrindeten Stämmen die äußersten Schichten des Holzes natürlich am raschesten ihre Feuchtigkeit einbüßen und dabei schnell an Volum verlieren, so ist darin ein zweiter Grund gegeben für ein Reißen des Holzes.

Auch ist nicht bloß eine vorübergehende Entstehung von Rissen, hauptsächlich in radialer Richtung, eine nothwendige Folge dieses Verhältnisses, sondern es folgt vielmehr aus der gegebenen Erläuterung, daß die entstandenen Risse sich zum Theil nicht wieder schließen können, indem ja ursprünglich ein annäherndes Gleichgewicht in der Spannung der Gewebeschichten bei verschiedenem Wassergehalt bestanden hat, während sich schließlich die Erreichung des lufttrockenen Zustandes in einem ziemlich gleichmäßigen Wassergehalt durch alle Schichten manifestirt. Es wirkt ferner in der gleichen Richtung, daß die verschiedenen Holzschichten mit ihrer etwas verschiedenen anatomischen Structur auch bei gleichem Wasserverlust verschiedenen Schwindungsverhältnissen unterworfen sind. — Man kann sich die Sache auch so vorstellen, daß im lebenden Holze in den älteren Gewebeschichten incrustirende organische Stoffe an die Stelle von Wassertheilchen in den jungen Zellhäuten getreten seien, aus welcher Vorstellung der Grund, warum jene älteren Schichten auch dauernd weniger zum Schwinden neigen, einleuchtet.

Daraus geht zugleich hervor, daß auch bei künstlich verlangsamter Austrocknung das Entstehen eines gewissen Minimums von Rissen nicht vermieden werden kann. Dahin gehören vor Allem die kleinen Risse, die eine Folge sind des verhältnißmäßig starken Schwindens der Markstrahlen oder des Holzparenchyms, da wo dieses in größeren Zellgruppen auftritt. Aber allerdings kann durch eine vorsichtige langsame Austrocknung und durch Vermeidung aller raschen Sprünge im Feuchtigkeitsgehalt das Entstehen vieler und gerade der größten, den technischen Werth der Hölzer am meisten beeinträchtigenden Risse vermieden werden. Das Belassen der Rinde an gefällten Stämmen ist in seiner Zweckmäßigkeit von diesem Gesichtspunkte aus leicht verständlich.

Was die Verhältnisse des Schwindens in den drei Dimensionen des Holzes betrifft, so ist schon nach dem Gesagten begreiflich, daß in der Längsrichtung des Stammes die Verkürzung die geringste sein muß, da nach dieser Richtung die nur wenig ihr Volum vermindernden Holzzellen stets dicht an einander schließen. Am stärksten schwindet das Holz in der Richtung der Jahresringe, etwas weniger in der Richtung der Radien**). Es ist die Kenntniß dieser Beziehung für die Holz-

*) Allerdings darf nicht außer Augen gelassen werden, daß nicht das capillar festgehaltene, sondern nur das Imbibitionswasser volumvergrößernd wirkt. Allein auch in Bezug auf das letztere bestehen vermuthlich im Holze Unterschiede.

**) Dieser Ausspruch wäre für den ganzen Baum natürlich ein geometrischer Unsinn, wenn nicht ein Zerreißen dabei stattfände.

technik natürlich von Wichtigkeit, da häufig Hölzer angewendet werden, die noch weiterm Schwinden ausgesetzt sind. — Die specifisch schwersten und daher zum Theil auch die festesten Hölzer schwinden am langsamsten. — Man wird bei manchen Constructionen darauf zu sehen haben, daß in einer bestimmten Richtung nur eine möglichst kleine Verkürzung eintritt, und man kann sich in der Verwendung von Holzstücken nach den angeführten Gesetzmäßigkeiten richten.

Weiter mag noch erwähnt werden, daß jüngere Bäume im Allgemeinen stärker schwinden als alte, was sich bei dem größern Saftreichthum der jungen Bäume eigentlich von selbst versteht.

Die Mittel, das Reißen, dessen Nachtheile häufig weniger in Verminderung der Festigkeit als in der größeren Zugänglichkeit des Holzes für Zersetzungserscheinungen liegen, nach Möglichkeit zu vermeiden, lassen sich nach dem Gesagten leicht herleiten. Völlig kann, wie gesagt, die unliebsame Erscheinung bei Stämmen oder größeren Holzstücken nicht umgangen, obwohl durch Verzögerung der Austrocknung — Belassen der Rinde bis zur Verarbeitung — auf das erreichbare Minimum reducirt werden. Läßt die Verwendung des Holzes eine Längstheilung desselben zu, so erfolgt diese am zweckmäßigsten in der Richtung, in der am leichtesten Spalten entstehen, also radial; so kann bei halbrunden Eisenbahnschwellen oder gar bei sogenannten Viertelshölzern die Entstehung weiterer radialer Spalten bei vorsichtigem Trocknen beinahe ganz vermieden werden. Der entstehenden Spannung kann alsdann durch das Verziehen, das sogenannte „Werfen" des betreffenden Holzstücks Genüge geschehen. Ebenso ergiebt sich aus dem Gesagten die Regel, daß Bretter und Latten, die nicht windschief werden sollen — ein Reißen ist hier weniger zu befürchten — radial und nicht tangential geschnitten werden müssen. — So viel über diesen kaum in das Bereich unserer Aufgabe gehörigen Gegenstand.

Schwindmaße für verschiedene Holzarten anzugeben, halten wir hier vollends für überflüssig. Wir verweisen in Bezug auf diesen Gegenstand auf das mehrfach angeführte Werk von Nördlinger: Die technischen Eigenschaften der Hölzer 1860. Nur mag angegeben werden, daß die lineare Contraction im Halbmesser und der Sehne des Stammes für unsere gewöhnlichsten Hölzer im Durchschnitt 2 bis 11 Proc. beträgt. Für die Nadelhölzer ist sie sehr niedrig, 2 bis 3 Proc.; für die zu Bauzwecken benutzten Laubhölzer 3 bis 7 Proc.*), und zwar finden sich weiche und harte Hölzer unter den schwächer und stärker schwindenden. Ueberhaupt ist eine Beziehung der Schwindungsgröße zu anderen Eigenschaften der Hölzer kaum zu constatiren; diese ist nur bedingt durch die specifische Imbibitionsfähigkeit der Zellhäute, welche wieder von deren unbekannten chemischen Constitution abhängig sein muß**).

Auch über das Quellen der Hölzer, das in jeder Beziehung das Widerspiel ist zu dem Schwinden derselben, können wir hier stillschweigend hinweggehen, um so

*) In der Längsrichtung beträgt die lineare Schwindungsgröße bei diesen Hölzern nur etwa 1/2 Proc. Die Gesammtvolumverminderung ist dabei ungefähr 10 Proc. Vergl. auch Wagner: Hand- u. Lehrbuch d. Technologie, Bd. IV, 1862, S. 11.

**) Indessen läßt sich doch die Regel aufstellen, daß harte Hölzer durchschnittlich dem Schwinden und Reißen mehr ausgesetzt sind, als weiche; so namentlich das Ulmenholz und dann das der Eiche. Nadelhölzer reißen wenig, besonders die harzreichen.

mehr, als eine genaue Uebereinstimmung zwischen Quellungs- und Schwindungsgrößen unter den reciproken Verhältnissen für die allermeisten Hölzer nachgewiesen worden ist. Was für Nachtheile in der Bautechnik das Quellen der Hölzer mit sich führen wird, und in welchen Fällen dasselbe zu befürchten steht, darüber kann sich ohnehin Jeder selbst eine Antwort ertheilen.

Die Mittel, das Quellen des Holzes zu vermeiden, sind theilweise mit denen identisch, die gegen fäulnißartige Veränderungen desselben gerichtet sind, indem ein Theil dieser Methoden darauf beruht, das Holz möglichst trocken zu erhalten. Das Vorhandensein von Feuchtigkeit ist ja bekanntlich eine der ersten Voraussetzungen für das Zustandekommen von Fäulnißprocessen. Wir können also in Bezug auf derartige Mittel auf die spätere ausführliche Behandlung dieses Gegenstandes verweisen.

65 **Veränderungen des Holzes nach der Fällung durch chemische Umsetzung.** Weit wichtiger für die Verwerthung des Holzes als Baumaterial sowie für jede andere technische Anwendung desselben sind die chemischen Veränderungen, denen es ausgesetzt ist. Alle diese spontanen chemischen Veränderungen des Holzes, welche zum größten Theile den Fäulnißerscheinungen angehören, vermindern die technisch geschätzten Eigenschaften desselben und damit seinen Werth. Das praktische Interesse an diesen Vorgängen ist mithin ein rein negatives, das ganze Bestreben der Technik muß dahin gehen, dieselben möglichst einzuschränken und unschädlich zu machen.

Wir betreten mit der Besprechung der Zersetzungserscheinungen des Holzes und ihrer Verhütung das bei weitem wichtigste Capitel der chemischen Technologie des Holzes als Baumaterial. Ja man kann sagen, daß allein in Bezug auf diesen Gegenstand die Chemie bereits der Holztechnik von Nutzen gewesen ist und es noch weiter zu werden verspricht. Die innerhalb dieses Capitels zu besprechenden Gegenstände sind so reich und mannigfaltig, daß wir dieselben nur von einer großen Reihe von Gesichtspunkten aus erledigen können. Wir beginnen deshalb am besten einen neuen Abschnitt, dem man die einzelnen Punkte bequem unterordnen kann.

Die Zersetzungserscheinungen des Holzes.

Die verschiedenen Arten der Zersetzung.

Jedermann ist die Erfahrung zugänglich, daß das Holz des verschiedensten 66
Ursprungs unter gewissen äußeren Bedingungen, die wir nachher festzustellen haben werden, chemische Veränderungen erleidet, welche man als Fäulniß, Verwesung 2c. bezeichnet, und welche die Verwendbarkeit des Holzes zu den meisten technischen Zwecken herabmindert oder gänzlich unmöglich macht.

Suchen wir zunächst die verschiedenartigen Processe, die sich bei derartigen Zersetzungserscheinungen am Holze auseinander halten lassen, begrifflich zu scheiden und ihrem Wesen nach festzustellen. — Es gelingt, etwa fünf verschiedene Zersetzungsprocesse des Holzes von einander zu unterscheiden, nämlich das *Ersticken des Holzes*, dessen *Gährung*, dessen *Fäulniß*, *Humificirung* und *Vermoderung*. Die wichtigsten dieser Vorgänge sind die Fäulniß und die Vermoderung, da sie unter den gewöhnlich vorkommenden am tiefsten die technische Verwerthbarkeit des Holzes erschüttern. Diese Vorgänge werden daher am ausführlichsten behandelt werden. Die Gährung ist eine verhältnißmäßig seltene Veränderung des Holzes; ebenso tritt die Humificirung nur unter (für die gewöhnliche Aufbewahrung der Hölzer) selteneren Umständen ein, und das allerdings ziemlich häufig beobachtete Ersticken des Holzes alterirt dessen Brauchbarkeit nicht in erheblicher Weise. — Zur allgemeinen Charakterisirung dieser Vorgänge sei weiter vorläufig gesagt, daß die *Vermoderung**) des Holzes, auch trockne Fäulniß genannt, nur bei Anwesenheit von Sauerstoff und von verhältnißmäßig wenig Feuchtigkeit von Statten geht, während *Fäulniß* und *Humificirung* nicht der Mitwirkung von Sauerstoff bedürfen und daher auch unter Wasser oder tief in der

*) Der adoptirte Sprachgebrauch, wonach wir die einzelnen Zersetzungserscheinungen in Vermoderung, Fäulniß 2c. unterscheiden, ist allerdings in seiner Anwendung kein unbestrittener, allein wohl ein mit der bis dahin abgeschlossenen begrifflichen Feststellung am meisten coincidirender. Wir verwenden die betreffenden Namen um so eher ohne vorausgehende Definition, weil diese letztere ohnedies aus der Beschreibung der einzelnen Erscheinungen hervorgeht.

Erde vor sich gehen können. Ob bei Abschluß von Luft und Anwesenheit von Feuchtigkeit Fäulniß oder Humificirung den Vorsprung gewinnt, dies entscheidet unter Anderm die Höhe der Temperatur, bei welcher der Zersetzungsproceß sich abwickelt. Fäulniß tritt leichter bei höherer, Humificirung bei niederer Temperatur ein. Fäulniß des Holzes kann jedoch auch bei Anwesenheit von Luft (obwohl vielleicht in etwas abweichender Weise) eintreten, und ob unter diesen Umständen Vermoderung oder Fäulniß den Vorrang behält, darüber scheinen außer der Temperatur die Anwesenheit von Proteïnstoffen und mehr oder minder großen Mengen von Wasser zu entscheiden. Gährung des Holzes ist nichts Anderes als geistige Gährung seines Zellinhalts, Ersticken anderweitige noch wenig aufgeklärte gährungsartige Veränderungen desselben, die eine Farbenänderung des Holzes zur Folge haben.

Außer diesen fünf genannten Vorgängen sind vielleicht noch einige weitere hierherzurechnen, die wenigstens anhangsweise Besprechung finden müssen. Dahin gehört die Verwesung des Holzes im engern Sinne des Worts, die nach Einigen von Fäulniß und Vermoderung noch zu trennen ist, dann das Verschimmeln und endlich die Schwammbildung am Holze. Auch die Zerstörung des Holzes durch Thiere werden wir kurz zu besprechen haben.

Die Vermoderung des Holzes.

67 **Wesen der Vermoderung.** Die Vermoderung, Trockenfäule oder Weißfäule*) des Holzes besteht in einem Vorgange, den man vielleicht häufiger an abgestorbenen Bäumen oder abgestorbenen Theilen von Bäumen als am geschlagenen Holze selbst bemerkt. Das Holz nimmt in Folge dieses Processes in verhältnißmäßig kurzer Zeit eine helle, meistens schneeweiße Farbe und eine völlig zerreibliche Beschaffenheit an, so daß an eine Verwendung des Holzes als widerstandsfähiges consistentes Material zu Bauzwecken, auch entfernt nicht mehr zu denken ist. Wenn der Proceß, wie an warmen Tagen, rasch verläuft, so zeigt das noch in weiterer Zersetzung begriffene weißfaule Holz eine auffallende Phosphorescenz, wie man auf Spaziergängen in Sommernächten häufig wahrzunehmen Gelegenheit hat. Die Oxydationserscheinung, welche, wie wir gleich sehen werden, mit der Vermoderung stets verbunden ist, zeigt in diesem Falle etwas ganz Aehnliches, was auch bei der langsamen Verbrennung des Phosphors wahrgenommen wird. In beiden Fällen bewirkt die Energie, welche in Folge des Oxydationsprocesses frei wird, nicht bloß wie gewöhnlich eine Wärmebewegung der betheiligten Stofftheilchen, sondern bei einzelnen derselben eine so heftige Bewegung, daß diese selbstleuchtend erscheinen — ein Phänomen, das bekanntlich in der organisirten Welt seine vielfachen Analogien hat**).

---

*) Wir tragen kein Bedenken, diese Vorgänge wenigstens vorerst mit einander zu identificiren.

**) Vergl. übrigens die Untersuchungen von F. Ludwig, nach welchen das Leuchten des faulenden Holzes von Pilzmycelien herrühren soll (Naturf. 1872, S. 234).

Bei geschlagenem und bei schon verwendetem Holze tritt Vermoderung am leichtesten an Orten ein, welche an sich keineswegs besonders feucht zu sein brauchen, die indessen dem Holze nicht gestatten, diejenigen Mengen von Feuchtigkeit, welche es noch in sich hat, durch Verdunstung abzugeben, oder wo dasselbe unter günstigen Wärmeverhältnissen einer häufigen Anfeuchtung, ohne dazwischen eine völlige Austrocknung zu erleiden, unterliegt. Vor Allem sind die Bergwerke solche Orte, wo das Holzwerk rasch der Vermoderung anheimfällt.

Man kann auch künstlich den Vermoderungsproceß an Holzspähnen in Gefäßen herbeiführen, und beobachtet dabei das gleiche Resultat, wie in der Natur. Befeuchtete Holzspähne mit einem beschränkten Luftvolum in einem Glasgefäße abgeschlossen, verwandeln sich nach Liebig in eine weiße zerreibliche Masse. Man hat zwar dabei auf die Beschränktheit der anwesenden Menge von Sauerstoff Gewicht gelegt, aber Niemand kann angeben, mit welchem Rechte.

Chemismus der Vermoderung. Da das Holz nur bei Anwesenheit 68
von Luft demjenigen Zersetzungsprocesse (sein Auftreten im Innern der Bäume steht hiermit nicht im Widerspruch) unterliegt, den man als Vermoderung zu bezeichnen sich gewöhnt hat, so versteht es sich beinahe von selbst, daß der Sauerstoff an dem Vorgange betheiligt ist. In der That ist, wie wir eben schon anticipirten, die Vermoderung des Holzes ein Oxydationsvorgang, und zwar erstreckt sich, wie schon aus der veränderten Beschaffenheit des Gewebes hervorgeht, die Oxydation auf die Substanzen der Zellwandungen selbst, nicht bloß auf Inhaltskörper oder secundäre Bestandtheile des Holzgewebes, so daß das vermoderte Holz eine sehr beträchtlich veränderte Zusammensetzung dem frischen gegenüber erhält.

Eine Probe weißes vermodertes Holz, das aus dem Innern eines Eichenstammes genommen worden war, gab nach Liebig im Durchschnitt zweier Analysen folgende Zahlen*):

Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Asche	
47·6	6·2	44·9	1·3	oder auf die organische Substanz berechnet:
48·2	6·3	45·5	—	

wogegen unsere früher aufgeführten Analysen von Eichenholz (mit Ausnahme eines Falles, wo nachweislich Kohlenstoff verloren gegangen war) folgende Zahlen ausweisen**):

Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff und Stickstoff
49·95 bis 50·42	5·99 bis 6·20	43·59 bis 43·99

Ebenso stellen sich die Zahlen zwischen frischem und vermodertem Buchenholze:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff (und Stickstoff)
vermodert***) .	47·7	5·7	46·6
frisch . . .	48·57 bis 49·76	6·03 bis 6·40	44·65 bis 45·40

*) Vergl. J. Liebig: Die Chemie in ihrer Anw. ꝛc. 1843, S. 446.

**) Vergl. oben S. 42 u. f.

***) Liebig: A. a. O. S. 447.

Man sieht, in beiden Fällen sind die sich ergebenden Unterschiede zwar nicht sehr bedeutend, aber doch ganz entschieden und in einer und derselben Richtung. Man wird auf die Bedeutung des constatirten Unterschiedes noch mehr Gewicht legen, wenn man beachtet, daß innerhalb der verschiedensten Holzsorten kaum so weitgehende Differenzen zu finden sind. Beim Buchenholze sowohl als beim Eichenholze hat sich in Folge der Vermoderung der Kohlenstoffgehalt vermindert, der Sauerstoffgehalt vermehrt. (Bezüglich des Wasserstoffs dagegen widerstreiten sich die Angaben der Eichen- und der Buchenholzanalysen.) Es hat also jedenfalls eine nachweisbare Zusammensetzungsveränderung der organischen Substanz des Holzes stattgefunden.

Wir dürfen uns indessen nicht denken, daß diese chemisch nachweisbare Veränderung des Holzes der einzige Effect des bei der Vermoderung vor sich gehenden Oxydationsprocesses ist. Die große Verminderung des specifischen Gewichtes des Holzes während der Vermoderung — eine Erscheinung, die ja augenfällig genug ist — lehrt vielmehr mit aller Bestimmtheit das Gegentheil. Offenbar erfolgt der Oxydationsproceß während der Vermoderung der Hauptsache nach in einer Weise, daß die in Angriff genommene organische Substanz geradeauf in die flüchtigen Producte, Kohlensäure und Wasser, zerfällt. Es ist hierzu etwas mehr wie die doppelte Menge des schon in der sich oxydirenden organischen Substanz vorhandenen Sauerstoffs von außen nothwendig. Es ist nicht einmal sicher, ob jene weiße zerreibliche Masse, welche etwas sauerstoffreicher ist als das gewöhnliche Holz, diese Zusammensetzung direct in Folge eines Oxydationsprocesses besitzt, oder ob dieses Resultat die Folge davon ist, daß die kohlenstoffreicheren incrustirenden Substanzen, das sogenannte Lignin, vorzugsweise Oxydation erlitten haben, während die eigentliche Cellulose sich als dem Vermoderungsproceß etwas weniger zugänglich erwiesen hat. Daß aber die Cellulose bei der Vermoderung nicht ganz verschont bleibt, dies lehrt die einfache Thatsache, daß das Holzgewebe unter diesen Verhältnissen nicht bloß biegsam wird, sondern ganz und gar seinen Zusammenhalt verliert. — Auch wissen wir, daß beinahe aus reiner Cellulose bestehende Körper, wie Papier, Leinwand 2c., Vermoderungsprocessen im hohen Grade unterworfen sind.

69 **Die Ursächlichkeit des Vermoderungsprocesses.** Obgleich wir mit den Bedingungen und den Resultaten derjenigen Zersetzungsvorgänge organischer Substanzen, welche wir als Vermoderung herausgegriffen haben, ziemlich vertraut sind, so sind wir über eine Erklärungsweise der hierher gehörigen Erscheinungen noch keineswegs im Klaren. Es bestehen allerdings einige sehr allgemeine Theorien, wonach fast alle spontanen Zersetzungsvorgänge organischer und namentlich vormals organisirter Stoffe von einem gemeinschaftlichen Gesichtspunkte aus ihre Erklärung finden sollen. Allein wir müssen in dem vorliegenden Falle allen diesen Erklärungsweisen gegenüber entschieden einen negativen Standpunkt einnehmen.

Die eine der herrschenden Theorien, welche in ihrer jetzigen Form von Liebig herrührt, läßt alle Erscheinungen, welche mit den Fäulniß- oder Gährungserscheinungen einige Aehnlichkeit haben, durch Fermentwirkung zu Stande kommen, und zwar sollen alle gerade in einer solchen Zersetzung begriffenen Stoffe als solche Fermente dienen, indem sie den in ihnen sich vollziehenden Vorgang auf andere

Körper, mit denen sie in Contact sind, übertragen. Außerdem soll bei den meisten derartigen Erscheinungen ein gewisser Stickstoffgehalt für die Fermentkörper charakteristisch sein. Die Verwesungserscheinungen unterliegen genau derselben Erklärung, nur ist für sie die Betheiligung des atmosphärischen Sauerstoffs charakteristisch, und es würde also die Vermoderung des Holzes den Verwesungserscheinungen in jenem allgemeinen Sinne des Wortes beizuzählen sein.

Eine andere Anschauungsweise, die eine ebenso große Gemeingültigkeit beansprucht und deren Urheberschaft gewöhnlich Pasteur zugeschrieben wird, macht mikroskopisch kleine Organismen zu den ursächlichen Veranlassern aller fäulniß- und gährungsartigen Vorgänge. Wir dürfen diese allgemeine Gährungstheorie als ebenso bekannt voraussetzen, wie jene andere, und sehen daher ab von einer ausführlichen Darlegung beider.

Es ist nun keinem Zweifel unterworfen, daß beide Anschauungsweisen ihre gewisse Berechtigung haben. Allein sie bedürfen beide einer strengen Abgrenzung nach Maßgabe ihrer empirischen Thatsächlichkeit. Es ist heute gar keinem Zweifel mehr unterworfen, daß es eine große Reihe von gährungsartigen Erscheinungen giebt, zu deren Zustandekommen nothwendig kleine pilzartige Organismen mitwirken müssen; ja der ganze Chemismus der Gährung stellt sich dabei dar als das Resultat des Stoffwechsels jener niedrigen Formen. Es ist auf der andern Seite ebenso gewiß, daß es eine Reihe von scheinbar ganz ähnlich gearteten Umsetzungsvorgängen organischer Verbindungen giebt, welche durch fermentartige (und wie es scheint, stets stickstoffhaltige) organische Stoffe auch bei Ausschluß aller organisirten Formen veranlaßt werden. Namentlich hat man innerhalb des Körpers größerer Thiere derartige Vorgänge beobachtet, die sich auch außerhalb desselben mit Leichtigkeit wiederholen lassen*). Nur die Vermuthung Liebig's, daß gerade in Umsetzung begriffene organische Stoffe par excellence als solche Fermente dienen könnten, hat experimentell niemals eine Bestätigung erfahren, und erscheint auch die ihn dabei leitende Vorstellung in unlösbarem Widerspruche mit unseren neueren wohlbegründeten Anschauungen von dem Wesen der Molekurbewegung.

Aus dieser Sachlage folgt für den uns vorliegenden, seiner Ursächlichkeit nach zu beurtheilenden Proceß, daß wir ihn nach keiner allgemein gültigen Theorie zu betrachten haben werden, sondern daß wir uns ihm, sowie den anderen noch zu besprechenden gegenüber auf den Boden der reinen Empirie stellen und fragen müssen, was denn directe Beobachtungen über die Art seines Zustandekommens aussagen? Wenn wir hierauf eine Antwort zu geben suchen, so können wir nicht einmal mit einiger Zuversicht behaupten, daß der Vermoderungsproceß überhaupt zu den fermentartigen Erscheinungen im weitesten Sinne des Wortes gehört. Es ist keineswegs erwiesen, wenn man es auch vielleicht wahrscheinlich finden mag,

*) Ich meine natürlich die Wirkungsweise der Verdauungsflüssigkeiten, oder der in ihnen enthaltenen fermentartigen Substanzen, als da sind Pepsin, Pankreatin, Ptyalin. Aber auch viele der sogenannten Fäulnißerscheinungen, wie sie sich an den proteïnartigen Stoffen vollziehen, gehören nachgewiesenermaßen in dieses Capitel, und ich möchte als Beleg hierfür auf die beinahe in Vergessenheit gerathenen Versuche von Helmholtz hinweisen (vergl. Journ. f. prakt. Chemie, Bd. 31, S. 429), nach welchen derartige Fäulnißerscheinungen sich durch Membranen hindurch fortsetzen, was bei den eigentlichen Gährungserscheinungen, die durch Organismen bewirkt werden, nicht möglich ist.

daß in Vermoderung begriffenes Holz für gesundes Holz inficirend wirkt und den Proceß, dem es selbst unterliegt, auf dasselbe überträgt. Es würde deshalb jedenfalls verfrüht sein, mit Erklärungsversuchen, wie mit den beiden ebengenannten, an die Erscheinung heranzutreten. Man bemerkt allerdings an modernden Stämmen, daß der Zerfall in jene weiße zerreibliche Masse von einem oder mehreren bestimmten Punkten ausgeht, um sich von da auf die benachbarten Holztheile zu verpflanzen. Allein zur Erklärung dieser Erscheinung würde die Annahme genügen, daß vermoderte Holztheile durch ihre große Wassercapacität, die ja eine auffällige Eigenthümlichkeit alles vermoderten Holzes ist, zur Feuchterhaltung der sie zunächst umgebenden noch gesunden Holztheile beitragen, und so einen wichtigen Factor zum Zustandekommen der Zersetzungserscheinung selbst herstellen. Auch würde die bekannte Erfahrung, daß stickstoffreiche organische Substanzen mehr zur Fäulniß, stickstoffarme mehr zur Vermoderung neigen, in diesem Sinne sprechen. — Wenn Etwas dazu bestimmen kann, die Vermoderung des Holzes den durch Fermentwirkung zu Stande kommenden Vorgängen beizuzählen, so sind es die chemischen Eigenthümlichkeiten der die Vermoderung hindernden Mittel, von welchen wir später im Zusammenhange ausführlich zu sprechen haben werden. Allein ein stricter Beweis ist auch dort nicht zu finden, und wir müssen einstweilen die experimentelle Bearbeitung der offenen Frage als dringend angezeigt erachten, denn auch die Willkomm'schen Untersuchungen, nach welchen Fadenpilze die Veranlassung der Fäulnißerscheinungen des Holzes sind, scheinen uns der Bestätigung noch sehr bedürftig.

Die Fäulniß des Holzes.

70) **Das Wesen der Fäulniss.** Obgleich ohne Zweifel in der Natur Vermoderung und Fäulniß des Holzes nicht immer vereinzelt für sich, sondern ebenso manche Zwischenstufen der beiden Vorgänge aufzutreten pflegen, empfiehlt es sich doch diese beiden Erscheinungen strenge auseinander zu halten, da dieselben wenigstens in den Grenzfällen sehr Verschiedenartiges repräsentiren. Die Fäulniß des Holzes wird nicht umsonst von den Technikern als nasse Fäulniß von der Vermoderung unterschieden, welche letztere, wie wir gesehen haben, auch als trockne Fäulniß bezeichnet wird. In der That ist die Anwesenheit einer größern Menge von Wasser und eine unausgesetzte Befeuchtung einer der Umstände, welcher das Holz dem Zustande entgegentreibt, welchen wir im engern Sinne des Worts als Fäulniß bezeichnet haben.

Andere Bedingungen der Fäulniß sind eine gewisse Höhe der Temperatur und vermuthlich ein gewisser Gehalt des faulenden Körpers an proteïnartigen organischen Substanzen. Für die Nothwendigkeit der letzteren Bedingung spricht nicht bloß im Allgemeinen die nachher zu entwickelnde Theorie der Fäulnißerscheinungen, sondern auch die Thatsache, daß mit Wasser ausgekochte oder auch nur gut gelaugte Holzspähne in der Wärme und bei Berührung mit Wasser nicht faulen, sondern erst in den Zersetzungsproceß eintreten, nachdem man sie mit dem spontan Zersetzung erleidenden Holzextract in Berührung gebracht hat, worauf sie sich in eine schmierige oder wenigstens leicht zerreibliche Masse verwandeln.

Die Anwesenheit von atmosphärischem Sauerstoff wird dagegen nicht als eine Fäulnißbedingung des Holzes angesehen, wenigstens beobachtet man fäulnißartige Zersetzung des Holzes auf dem Boden von Sümpfen, tief in der Erde, kurz an Orten, wo von einem erheblichen Zutritt von Sauerstoff nicht die Rede sein kann.

Das Product des Fäulnißprocesses des Holzes ist nicht wie bei der Vermoderung ein weißer, sondern in der Regel ein röthlich, bräunlich oder gar schwärzlich gefärbter Körper von ebenso geringer oder noch geringerer Consistenz als das vermoderte Holz, daher auch der Name „Rothfäule“, womit ein im Innern von lebenden Stämmen und vorzüglich Wurzelstöcken verlaufender Fäulnißproceß bezeichnet wird. Vielleicht läßt sich auch der Unterschied aufstellen, daß der Vermoderungsproceß sehr gleichmäßig alle Gewebetheile zu erfassen pflegt, so daß das vermoderte Holz auffallend homogen erscheint, während sich aus dem verfaulten eher festere Stränge von noch wenig veränderten Gewebepartien herauslösen lassen. Doch kommen, wie schon angedeutet, vielfache Uebergangsstufen zwischen dem einen und dem andern Zustande vor. — Insofern ist das Resultat der beiden auseinander gehaltenen Vorgänge jedenfalls gleichbedeutend, als das vermoderte wie das faule Holz alle seine technische Nutzbarkeit, sowie auch beinahe völlig seinen Brennwerth eingebüßt hat.

Aus den hervorgehobenen Bedingungen des Fäulnißprocesses folgt, daß dieser unliebsame Vorgang am Holze namentlich da eintreten wird, wo dasselbe in andauernder Feuchtigkeit sich befindet, also z. B., wo es in einer feuchten Umgebung mit porösen Stoffen von hervorragender wasserhaltender Kraft in Berührung steht. An Pflöcken, welche in die Erde eingesenkt sind, und welche also die feuchte Erde fortwährend mit Wasser in Berührung bringt, bemerkt man leicht Fäulniß, namentlich in wärmeren Klimaten, ähnlich auch in hohlen Stammenden von Bäumen. Innerhalb einer größeren Menge frei umspühlenden Wassers bemerkt man am Holze, das z. B. zu Wasserbauten benutzt wurde, selten Fäulniß; im Gegentheil gelten die meisten Hölzer gerade im Wasser für außerordentlich haltbar. Man könnte hierin leicht einen Widerspruch zu dem eben Gesagten finden, oder versucht sein, der noch vielfach geltenden Meinung zuzustimmen, als ob auch für den eigentlichen Fäulnißproceß ein periodischer Wechsel von Luftzutritt und Feuchtigkeit nothwendig sei. Allein das Verhalten des Holzes in feuchter von der Luft abgesperrter Erde oder in dem stehenden Wasser eines Sumpfes belehrt uns eines Andern. Dort tritt mit Vorliebe intensive Holzfäulniß ein und wir müssen uns denken, daß in einer großen Menge von fauligen Stoffen freien Wassers Holzstücke sich deshalb gut conserviren, weil die fäulnißbedingenden Bestandtheile derselben ausgelaugt und durch große Verdünnung unschädlich gemacht werden. Außerdem tragen dann bei Tiefbauten der Druck des Wassers zu einer langsam erfolgenden Verdichtung, aufgeschlämmte und gelöste Mineraltheile zu einer Art von Verkieselung des Holzes und deshalb zu einer ganz besondern Festigkeit desselben bei. — Es wird später von diesen Einflüssen noch eingehender die Rede sein.

Der Chemismus der Fäulniss. Die chemische Veränderung des Holzes 71
bei der Fäulniß und der Austritt von Gasen aus demselben kann nicht wohl voll-

ständig behandelt werden, wenn nicht der Humificirungsproceß des Holzes, der mit der Fäulniß viel Gemeinschaftliches hat und häufig mit ihr gleichzeitig auftritt, mit in Betracht gezogen wird. Deswegen müssen wir einen Theil des hierher gehörigen auf die Besprechung jenes Processes ersparen. Einstweilen sei hier mitgetheilt, daß faulende vegetabilische Stoffe nach de Saussure auch in einer Wasserstoffatmosphäre fortfahren, Kohlensäure aus ihrer Substanz heraus zu entwickeln, obwohl sie bei Vorhandensein von Sauerstoff diesen zweifellos mit zu ihrer chemischen Umwandlung heranziehen und sogar bekanntlich benachbarten sauerstoffhaltigen Körpern diesen entnehmen. Wenn wir nun faulendes Holz ohne Hinzuziehung von freiem Sauerstoff Kohlensäure entwickeln und gleichzeitig sich Wasser abspalten lassen, so müßte, wenn der Proceß auch nur mit einiger Intensität sich vollziehen sollte, wegen des geringen Sauerstoffgehalts des Holzes nach kurzer Zeit ein Rest von außerordentlicher Sauerstoffarmuth zurückbleiben. Nun weisen allerdings die Analysen von gefaultem Holze übereinstimmend und im Gegensatz zu der Zusammensetzung von vermodertem einen dem frischen Holze gegenüber verminderten Gehalt an Sauerstoff nach. Allein der Unterschied ist, wie wir gleich sehen werden, nicht erheblich genug, um nicht noch die Annahme eines anderweitigen Austritts von Kohlenstoff und Wasserstoff nothwendig zu machen. Nun treffen wir in der That in Sümpfen, d. i. also an Orten, wo vegetabilische holzähnliche Massen im großen Maßstabe faulen, eine Entwickelung von Gasen an, welche nur Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten, nämlich die Entwickelung von Sumpfgas, und wir müssen uns denken, daß bei der von Sauerstoff abgeschlossenen Fäulniß von Holz die Entwickelung von Sumpfgas oder ähnlich zusammengesetzter Stoffe unumgänglich ist.

Ein sehr deutliches Licht auf das Wesen des Fäulnißprocesses werfen einige Beobachtungen, welche Boussingault unter den Tropen über die Zersetzung vegetabilischer Substanzen gemacht hat, und damit kommen wir auf die Beziehungen zwischen der Fäulniß und der Bildung von humosen Stoffen. Derselbe theilt nämlich mit, daß eine eigentliche Torfbildung, welche ja im Wesentlichen eine Humificirung vegetabilischer Stoffe ist, unter den Tropen im Tieflande nicht zu beobachten sei, dagegen in diesen selben Länderstrichen auf dem Hochplateau der Anden bei einer mittlern Temperatur von 8 bis 10° C. sich wieder einstelle. Damit ist eine wichtige Beziehung zwischen der Temperatur und dem Verlaufe der Zersetzungserscheinung gegeben. Wenn vegetabilische Massen bei hoher Temperatur unter stehendem Wasser oder sonst von der Luft abgeschlossen, sich selbst überlassen bleiben, so tritt eine wahre Fäulnißerscheinung mit reichlicher Entwickelung von Sumpfgas ein; die eigentliche Entstehung von kohlenstoffreichen humosen Substanzen tritt jedenfalls ganz in den Hintergrund. Herrscht jedoch bei sonstiger Gleichheit der Verhältnisse eine niedrige Temperatur, so tritt Zerspaltung der vegetabilischen Substanz in Sumpfgas, Kohlensäure und Wasser mehr in den Hintergrund, die Zersetzung erfolgt überhaupt langsamer, und schon deshalb spielt die geringe Menge des etwa hinzutretenden Sauerstoffs eine größere Rolle; es entsteht auch wohl etwas Sumpfgas, aber vorwiegend Kohlensäure, deren Sauerstoff theilweise von außen stammt. Dazu tritt Wasser aus der sich bräunenden Substanz aus und zwar in etwas größerem Maßstabe als Kohlenstoff, so daß eine kohlen-

stoffreichere Masse als die ursprüngliche vegetabilische Substanz zurückbleibt. Die schließlich resultirenden Substanzen sind eben die braunen und schwarzen Humuskörper, welche einer weitern Zersetzung nur sehr wenig zugänglich sind.

Wir würden uns indessen eine falsche Vorstellung von der Sache bilden, wenn wir uns der Meinung hingeben wollten, als sei eine Bildung von humosen Stoffen bei hohen Temperaturen gar nicht möglich. Wir finden ganz im Gegentheil in den tropischen Wäldern der alten und der neuen Welt tiefe Schichten dunkelgefärbter Verwesungsmassen, die wir als ein Gemisch von Humuskörpern zweifellos ansprechen müssen. Die Mittheilung Boussingault's erstreckt sich nur auf die Zersetzungsvorgänge, wie sie unter Wasser, oder in der Erde, kurz bei sehr unvollkommenem Luftzutritt erfolgen. Für diese Verhältnisse ist die größere Energie höherer Temperaturen erforderlich, um einen so tiefgreifenden Spaltungsproceß, wie ihn der Zerfall in Kohlenwasserstoff, Kohlensäure und Wasser vorstellt, zu veranlassen, während die Affinität des Sauerstoffs bei derselben Temperatur dem Zerfall der vegetabilischen Substanz eine andere Richtung giebt.

Für unsern zunächst vorliegenden Zweck erhellt mindestens so viel aus den Boussingault'schen Mittheilungen, daß der Fäulnißproceß von dem Holze ähnlichen Massen, um sich in jener Reinheit und ohne wesentliche Mithülfe des Sauerstoffs zu vollziehen, ziemlich hoher Temperaturen bedarf, höherer, als sie bei uns durchschnittlich zu herrschen pflegen, und daß wir daher in unserm Klima selten auf einen reinen Fäulnißproceß des Holzes in jenem Sinne zu rechnen haben werden. Es folgt also, daß, wie wir einerseits, wo die Feuchtigkeit keine allzugroße ist und die Luft unbehindert zutreten kann, den Fäulnißproceß sich mit dem der Vermoderung vermischen sehen, wir auch andererseits noch viel häufiger Humificirung und Fäulniß vermischt antreffen werden, d. h. überall, wo bei großer Feuchtigkeit und sehr geschmälertem Luftzutritt die Temperatur eine niedrige wird, oder auch bei großer Feuchtigkeit und unbehindertem Luftzutritt überhaupt. Es darf uns also nicht Wunder nehmen, wenn wir beinahe nirgends faulende Holzmassen mit der Zeit, ohne weitere Spuren zu hinterlassen, verschwinden, sondern überall braungefärbte humose Substanzen zurückbleiben sehen, die kohlenstoffreicher sind als das ursprüngliche Holz. Wir haben auf diesen Punkt bereits bei Beschreibung der Veränderung, welche faulendes Holz erleidet, Rücksicht genommen.

Es hat nach dem Gesagten wenig Sinn, wenn wir noch Analysen gefaulter Hölzer mittheilen, denn sie lehren eigentlich Nichts über das Resultat des Fäulnißprocesses, sondern nur über das des Humificirungsvorgangs. Es seien deshalb für die Zusammensetzung faulen Holzes nur einige wenige Zahlen mitgetheilt. Dieselben beziehen sich auf organische Trockensubstanz:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff u. Stickstoff	Analytiker
verfaultes Eichenholz (hellbraun).	53·6 Proc.	5·2 Proc.	41·2 Proc.	Meyer
dito (dunkelbraun).	56·2 „	4·9 „	38·9 „	Will
braune Baumerde, aus einem hohlen Baume	58·0 „	4·9 „	37·1 „	Mulder

Man sieht, wie überall der Kohlenstoffgehalt des humosen Productes den des ursprünglichen Holzes überragt.

Welche Gewebetheile des Holzes dem Fäulnißprocesse überhaupt unterworfen sind? — auf diese Frage ist ohne Zweifel die Antwort zu ertheilen — alle, mit Ausnahme vielleicht einiger secundärer Inhaltskörper, wie namentlich die Harze, die uns bekanntlich in chemisch wenig geänderter Form selbst von vorweltlichen Hölzern erhalten geblieben sind. Cellulose und incrustirende Substanzen unterliegen sicherlich alle beide der Fäulniß, und wir können nicht einmal sagen, welche in höherm Grade derselben zugänglich sind. Zwar will uns häufig scheinen, als zeigten die incrustirenden Substanzen auch in dieser Beziehung eine größere Widerstandsfähigkeit, aber die dieser vermeintlichen Erfahrung zu Grunde liegende Beziehung ist im Grunde keine andere, als die der größern Dauerhaftigkeit stark verdickter Gewebe — ein Verhalten, was schon aus anderen Gründen begreiflich erscheint. — Dieser Punkt wird übrigens bald eine allgemeinere Besprechung erfahren.

72 **Ursächlichkeit des Fäulnissprocesses.** In Bezug auf die veranlassende Ursache des Fäulnißprocesses brauchen wir uns nicht so rein negativ im Aussprechen eines Urtheils zu verhalten, wie bezüglich des Vermoderungsprocesses. Die Fäulniß des Holzes steht wie alle Fäulnißerscheinungen in innigem Zusammenhange mit seinem Gehalte an stickstoffhaltigen Stoffen. Splintholz, also der Theil des Holzkörpers, der dem Cambium am nächsten liegt und daher noch verhältnißmäßig reich ist an stickstoffhaltigem protoplasmatischem Zellinhalt, fault am leichtesten, auch wenn das Holz gleichmäßig mit Wasser durchtränkt ist, während der Kern humusbildenden Processen zugänglicher zu sein scheint. Ferner ist ohne Zweifel faules Holz fähig, gesundes Holz anzustecken, denn der Fäulnißproceß beginnt nicht an sehr vielen Orten gleichzeitig, um vielleicht daselbst wieder zu erlöschen und wo anders hin überzuspringen, sondern er schreitet, wo er begonnen, gleichmäßig über einen immer größer werdenden Bezirk fort, und ohne daß in diesem Falle der Grund dafür wie bei der Vermoderung in der Feuchtigkeitszuführung liegen könnte. Kurz, die Fäulniß des Holzes trägt im Allgemeinen unzweifelhaft die Charaktere fermentartiger Erscheinungen an sich, und die Frage ist völlig zeitgemäß, ob dieselbe durch ein sich stets wieder von Neuem erzeugendes chemisches Ferment oder durch niedrige Organismen, bei denen diese Neuerzeugung selbstverständlich ist, zu Stande komme. Gleichwohl hat diese Frage noch keine definitive Antwort erhalten, so oft man sich auch darin gefallen hat, über dieselbe aus einem allgemeinen Gesichtspunkte abzuurtheilen — ein Verfahren, das wir als unzulässig bezeichnet haben. Die experimentelle Beantwortung, welche hier allein Licht verschaffen würde, steht noch aus, und es möchte einstweilen nur darauf aufmerksam zu machen sein daß andere Fäulnißerscheinungen, wie die des Fleisches, wenigstens nicht ganz und gar von der Entwickelung von Organismen abhängig zu sein scheinen, denn im andern Falle würden sich der Conservirung des Fleisches durch Erhitzen und Luftabschluß nicht so unübersteigliche Schwierigkeiten entgegensetzen*). Ueberhaupt muß man sich mit dem Gedanken vertraut zu

*) Auch möchte ich hier wieder an das vorhin (S. 85 Anm.) citirte Helmholtz'sche Experiment erinnern.

machen suchen, daß eine solche Fäulnißerscheinung sehr leicht eine Vielheit von Vorgängen darstellen kann, von denen ein jeder wieder anderen Bedingungen unterliegt.

Insoweit nun aber Fäulnißerscheinungen von der Entwickelung von Organismen abhängig sind, handelt es sich keinenfalls um größere mikroskopisch leicht erkennbare Gährungspilze, sondern ohne Widerrede vorzugsweise um jene kleinsten Organismen, die morphologisch noch wenig bekannt sind und physiologisch nun gar völlig zu den böhmischen Dörfern gehören, welche man Bacterien genannt hat. Wenigstens gelingt es, derartige kleinste Lebewesen bei jeder Gattung complicirterer Fäulnißprocesse aufzufinden. In wie weit aber alle die chemischen Veränderungen, welche wir bei der Fäulniß beobachten, mit dem Stoffwechsel dieser Organismen identisch, in wie weit sie secundäre, durch jene eingeleitete Erscheinungen sind, und in wie weit sie sich völlig unabhängig von jenen vollziehen, darüber vermag, wie gesagt, zur Zeit Niemand eine Auskunft zu ertheilen.

Die für die technische Verwendung von Bauholz praktisch wichtige Seite der vorliegenden Frage wird übrigens kaum durch die bestehende Controverse berührt. Es kann ja selbstverständlich in der Praxis niemals davon die Rede sein, das Holz durch das Fernhalten jener kleinen Organismen vor Fäulniß zu bewahren. Alle Methoden der Holzconservirung müssen vielmehr von dem Gesichtspunkte ausgehen, das organische Substrat des Holzes für die Veränderungen der Fäulniß unzugänglich zu machen, und dies geschieht, indem man irgend einen bei diesen Erscheinungen nothwendig mitwirkenden Stoff entweder nach Möglichkeit entfernt oder doch dauernd unlöslich und damit zur Action unfähig macht. Die Methoden der Conservirung sind mithin — und wir werden das später noch genauer sehen — aus beiden bestehenden Anschauungen leicht erklärlich, und werden daher in ihrer anscheinenden Zweckmäßigkeit von der Theorie der Fäulnißvorgänge kaum berührt. — Kurzum die Technik hat kaum ein sehr tiefes Interesse an dem nähern Ausbau der Theorie der Zersetzungserscheinungen des Holzes.

Die Humificirung des Holzes.

Das Wesen der Humificirung. Bezüglich dieses Gegenstandes waren 73
wir gezwungen schon im letztbehandelten Capitel etwas vorzugreifen. Wir haben aber noch einige Zusätze zu machen. — Die Humificirung des Holzes ist äußerlich erkennbar an der Lockerung des Zusammenhalts — ist also in dieser Beziehung mit den schon behandelten Zersetzungserscheinungen gleichbedeutend —, sodann an der Dunkelfärbung der zersetzten Substanz.

In Bezug auf die Bedingungen dieses Vorgangs heben wir nochmals hervor, daß derselbe nicht der Anwesenheit von atmosphärischer Luft bedarf, allein auch bei Vorhandensein von Sauerstoff bis zu einem gewissen Grade verläuft, wenn nur die übrigen Bedingungen erfüllt sind. Die Humificirung des Holzes geht von Statten auch bei sehr niedriger Temperatur und wird bei Abschluß der Luft und bei hoher Temperatur von dem Fäulnißprocesse verdrängt. Von den Bedingungen der Vermoderung unterscheiden sich die der Humificirung vorzüglich auch durch die

niedrige Temperatur, bei der sie verläuft, und durch die Möglichkeit des Umgebenseins des Holzes mit Wasser, während für die Vermoderung außer einer freien Luftcirculation eine höhere Temperatur und eine mäßige Anfeuchtung mit Wasser charakteristisch ist. Die Bedingungen des Vermoderungsprocesses sind also, wie man sieht, sehr entgegengesetzt denen der Humificirung, während die Fäulniß den Ansprüchen an Temperatur nach sich dem erstern, der Mitwirkung des Wassers nach sich der letztern nähert und eine Art von Vermittelung bildet. Die Folge davon ist, daß man, wie wir gesehen haben, häufig den Fäulnißproceß vermischt mit der Vermoderung und noch mehr mit der Humificirung antrifft — wodurch eben jener so schwer in seiner Reinheit zu beobachten und darzustellen ist —, während die beiden letzteren niemals zusammen auftreten und man z. B. niemals vermodertes Holz von schwärzlicher Farbe antrifft.

In der größten Reinheit vollzieht sich der Proceß der Humificirung des Holzes*) und anderer vegetabilischer Stoffe bei der Torf- und Braunkohlenbildung, obschon die letztere und namentlich die Bildung der Steinkohle schon viele abweichende Momente zeigt. Die Analysen des Torfes und der Braunkohle weisen in der That ganz ähnliche Verhältnisse zwischen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff nach, wie wir sie schon für die humosen Substanzen, welche direct aus dem Holze durch Zersetzung entstehen, kennen gelernt haben. Wir werden dies sogleich bei Abhandlung der chemischen Vorgänge der Humificirung des Holzes bestätigt finden.

74 **Der Chemismus der Humificirung.** Wir haben schon bei Besprechung der Fäulniß des Holzes einige Analysen von Humussubstanzen aus Holz angeführt und dabei gesehen, daß dieselben eine erhebliche Bereicherung an Kohlenstoff der ursprünglichen Zusammensetzung des Holzes gegenüber erkennen lassen, während Wasserstoff und Sauerstoff im Allgemeinen ziemlich das Verhältniß, in welchen sie im Wasser und also auch im unzersetzten Holze vorhanden sind, einhalten. Nur in manchen Fällen, und namentlich wenn der Humificirungsproceß weiter geht, überwiegt im Producte der Wasserstoff, so z. B. bei der Braunkohlenbildung.

Die Entstehung solcher Producte kann, wenn wir die eigentliche Fäulniß, für die complicirtere Spaltungen charakteristisch sind, ausschließen, nur auf die Weise gedacht werden, daß in allen Fällen doch eine mäßige Oxydation, entsprechend dem freilich manchmal sehr geringen Zutritt von atmosphärischem Sauerstoff, stattfindet, wodurch Kohlensäure erzeugt wird, und daß gleichzeitig in etwas höherem Maßstab Wasser austritt, so daß dennoch eine relative Bereicherung an Kohlenstoff die Folge ist, während bei der Vermoderung wegen des erleichterten Zutritts von

*) Uebrigens darf hier nicht unerwähnt bleiben, daß größere Holzstücke als solche nicht durchgehends einem raschen Humificirungsprocesse unterliegen, dieselben bleiben vielmehr, wenn sie der Eiche, Kiefer oder Erle angehören, mitten in Torfmooren lange Zeit beinahe ganz intact und unterliegen erst im Laufe geologischer Zeiträume einer Umbildung in braunkohlenartige Producte. Andere Hölzer, wie Birke, Weide, Linde, zersetzen sich freilich unter diesen Umständen und bilden gleich dem sie umgebenden Torfe eine weiche, leicht durchstechbare Masse.

Sauerstoff der Oxydationsproceß und die Kohlensäureausscheidung überwiegt. Freilich scheint aber auch für den reinen Humificationsproceß, wenn er bei völligem Sauerstoffabschluß vor sich geht, die Abspaltung geringerer Mengen von Kohlenwasserstoffgasen charakteristisch zu sein, nur daß dieser Vorgang mit sehr viel geringerer Intensität stattfindet, als bei der Fäulniß, und bekanntlich entstehen in den Braun- und Steinkohlenlagern erhebliche Mengen von Grubengas, das ja sogar seinen Namen nach diesem Ursprunge empfangen hat. — Es liegt jedoch ganz außer dem Bereiche unserer Aufgabe, näher auf die chemischen Vorgänge dieser Art einzugehen.

Die Ursächlichkeit des Humificirungsprocesses. Auch über 75
diese Frage können wir mit einigen Worten hinweggehen. Es sei nur bemerkt, daß kein Grund besteht, anzunehmen, der Verwandlung des Holzes in humose Stoffe liege unter den geschilderten Bedingungen ein Fermentvorgang zu Grunde, daß vielmehr eine solche Annahme geradezu unwahrscheinlich genannt werden muß. Wir haben es allem Anschein nach mit einem gewöhnlichen sich langsam abwickelnden chemischen Processe zu thun, oder vielmehr mit einer ganzen Anzahl solcher Processe, deren Verlauf aus irgend einem Grunde stagnirendes Wasser erfordert. — Es werden demnach auch die Vorsichtsmaßregeln, einen derartigen Vorgang für das Nutzholz zu vermeiden, mehr darin bestehen müssen, die bekannten Bedingungen desselben auszuschließen, als daß bei Vorhandensein derselben besondere Vorkehrungen getroffen werden könnten.

(Verwesung.) Von Manchen wird neben Vermoderung, Fäulniß und 76
Humificirung des Holzes noch eine eigentliche Verwesung desselben im engern Sinne des Worts unterschieden. Nördlinger hat unter diesem Namen auf einen Zersetzungsproceß des Eichenholzes aufmerksam gemacht, der sich freilich seinen Symptomen nach kaum unter die von uns unterschiedenen Gruppen unterbringen lassen würde. Derselbe beschreibt diesen Vorgang als eine äußerst langsame Entmischung des Holzes in trockenen Gebäuderäumen, nach deren Eintritt man dasselbe auch als brausch, sprockig oder abgestanden bezeichnet. Seiner Ursache nach ist diese Erscheinung, die schon nach 25 Jahren beim besten Eichenholze eintreten soll, keineswegs erforscht. Jedenfalls paßt aber ein so allgemeiner Begriff wie der der Verwesung keineswegs für die Bezeichnung einer räthselhaften und noch nicht näher untersuchten Zersetzungserscheinung einer besondern Holzart. Uebrigens nimmt man für alle Holzarten, ohne daß man gerade äußerlich Zersetzungen an ihnen beobachtet, eine mit der Zeit sich einstellende sehr bedeutende Verminderung der Festigkeit wahr, was also doch auf das regelmäßige Vorsichgehen von Entmischungsprocessen deuten würde.

Die Gährung des Holzes.

Während die bisher behandelten Zersetzungserscheinungen des Holzes alle mehr 77
oder weniger tief in die Constitution desselben eingreifen, wird diese fast gar nicht be-

rührt durch den Vorgang, welchen man mit Recht als „Gährung des Holzes" bezeichnet. Es ist hiermit eine Gährung im eigentlichen Sinne des Worts gemeint, eine alkoholische Gährung von Zucker und die sich an diese anknüpfenden Gährungserscheinungen. Da die Holzfaser und die sie incrustirenden organischen Substanzen als unlösliche Körper diesen bekannten Gährungserscheinungen nicht zugänglich sind, so kann sich die Gährung des Holzes nur auf den löslichen Inhalt des Holzgewebes beziehen, welcher ja theilweise aus Zucker und in Zucker überführbaren Substanzen besteht. Die Gährung des Holzes ist in der That nichts Anderes als die Alkoholgährung seines Zellsaftes, und noch etwa die sich an sie anknüpfende Essiggährung der alkoholhaltig gewordenen Flüssigkeit.

Wenn man frischgefällte saftreiche Baumstämme in der Wärme sich selbst überläßt, ohne daß ihre Austrocknung rasch erfolgen kann, also namentlich in geschlossenen dumpfen Räumen, so tritt häufig — vermuthlich in größeren communicirenden Gefäßen des Holzes — eine derartige Gährung ein, die sich leicht durch den auftretenden weinigen Geruch als solche erkennen läßt. Auch gelingt es leicht, den Alkoholgehalt solchen Holzes durch Destillation seiner Spähne mit Wasser zu erweisen. — Dieser Vorgang, an sich betrachtet, läßt, da er sich nicht auf das feste Gewebe erstreckt, die technisch wichtigen Eigenschaften der Hölzer völlig intact. Indessen haben wir zu bedenken, daß kein Gährungsproceß ohne das Vorhandensein von leicht löslichen stickstoffhaltigen organischen Substanzen vor sich gehen kann, indem diese Stoffe eine nothwendige Nahrung der Hefepilze darstellen, von denen seinerseits der Gährungsproceß abhängig ist. Insofern documentirt also ein Gährungsproceß das Vorhandensein solcher Stoffe, welche auch eine unentbehrliche Voraussetzung der Fäulniß- und vielleicht auch der Vermoderungsvorgänge sind, und da auch im Uebrigen das Zustandekommen einer Gährung die allgemeinen Bedingungen jener tiefeingreifenden Zersetzungserscheinungen repräsentirt, so ist die Gährung des Holzes mindestens ein Zeichen dafür, daß dasselbe auch jenen kritischeren Vorgängen demnächst zugänglich ist und kann als eine rechtzeitige Warnung dienen. Nur wenn die Gährung des Holzes bis zur Essigbildung fortgeschritten ist, sieht man dieselbe als einen tiefergreifende Zersetzungserscheinungen direct begünstigenden Vorgang an, indem man der entstandenen Essigsäure die Fähigkeit zuschreibt, das Holzgewebe selbst anzugreifen.

In einem ganz ähnlichen Sinne wie der Gährung des Holzes muß auch hier des Schimmelns desselben Erwähnung gethan werden. Die Bedingungen der Vegetation von Schimmelpilzen sind bekanntlich ganz ähnliche, wie die ihrer Verwandten, der Hefepilze. Beide setzen organische Inhaltskörper im Holzgewebe voraus, wenn sie in demselben erscheinen sollen; beide verlangen Feuchtigkeit und eine gewisse Temperatur, die nicht allzu niedrig sein darf. Allerdings bestehen wesentliche Unterschiede bezüglich der Stickstoffernährung und der Sauerstoffathmung, und das Erscheinen von Schimmelvegetationen giebt durchaus nicht mit Sicherheit Kunde von dem Vorhandensein löslicher eiweißartiger Stoffe im Zellinhalt. Allein immerhin kann das Schimmeln des Holzes als ein ähnliches Warnungszeichen benutzt werden, wie die Gährung desselben, wenn es auch deutlicher anzeigt, daß der Ort der Lagerung des Holzes und dessen Feuchtigkeitszustand wei-

teren Zersetzungsprocessen günstig ist, als daß das betreffende Holz gerade besonders zu diesen unliebsamen Erscheinungen besonders disponirt sei.

Dagegen stehen die von Th. Hartig im Holze nachgewiesenen Nachtfasern (Nyktomycetes), die freilich morphologisch noch keineswegs genau gekannt sind, nach dessen Ansicht mit einer tiefergehenden Zersetzung der Holzfaser selbst im Zusammenhang. Diese Pilzformen entstehen nach der Anschauung Hartig's nesterweise mitten im gesunden Holze und verursachen dort die Weiß- und Rothstreifen, zum Theil auch die Kernschäle und die Mondringe. Es ist indessen entfernt nicht nachgewiesen, ob diese Pilzformen die ursächlichen Veranlasser jener Zersetzungserscheinungen sind, und mag daher die Hartig'sche Ansicht hier nur als einer bestehenden Hypothese vorübergehend erwähnt werden.

Das Ersticken des Holzes.

Das sogenannte Ersticken des Holzes ist eine noch sehr räthselhafte und dabei 78
technisch nicht sehr wichtige Erscheinung. Wir berufen uns bei Anführung derselben lediglich auf forstmännische Autoritäten, von denen eine, Nördlinger, über diese Erscheinung Folgendes anführt*):

„Lassen wir ... nämlich grünes Laub- oder Nadelholz bei warmer Witterung in der Rinde liegen, so geht der gährungs- und fäulnißfähige Saft oft in wenigen Tagen in Zersetzung über, und alles mit Saft durchdrungene jüngere Holz erstickt und läuft an, d. h. wird bald grünlich-blau, wie der Nadelholzsplint, bald bläulichbraun, wie das Eschenholz, oder braun, wie Eichensplint u. s. w. Das Anlaufen unter der Rinde zeigt sich so ziemlich bei allen Hölzern, selbst bei der Robinie. Bei manchen aber müssen, wenn das Holz nicht anlaufen soll, die Trümmer nicht nur geschält oder zu Halb- oder Viertelholz aufgearbeitet, sondern sogar so bald als möglich zu Brettern aufgesägt oder klein gespalten werden. (Ahorn, Mehl-, Else-, Birnbaum, besonders auch Roßkastanie, die selbst bei fingerlangen Trümmern unter der Rinde anläuft.) Andernfalls erstickt das Holz und wird mißfarbig. Angelaufenes Holz, schnell ausgetrocknet und im Trocknen verwendet, ist dadurch in der Holzfaser noch nicht verändert, aber natürlich bei ungünstigen Umständen zur weitern Zersetzung geneigter als anderes. Wir werden dieses Ersticken des Holzes kaum als stärkere Zersetzung denn die Gährung der Saftbestandtheile ansehen dürfen, da, wenn auch die Veränderung der Farbe des Holzes oft sehr bedeutend ist, doch der von mir anderweitig nachgewiesene geringe Einfluß auf das specifische Gewicht und sonstige physische Eigenschaften beweisen dürfte, daß dadurch eine Veränderung des Hauptbestandtheils, der Holzfaser, noch nicht herbeigeführt wird."

Wir müssen uns in der That in Betreff dieses Gegenstandes mit vorstehendem Citat begnügen, da über die Ursache und Chemismus des „Erstickens" durchaus Nichts bekannt ist.

---

*) Dessen technische Eigenschaften der Hölzer, S. 455.

Der Holzschwamm.

79 Der Holzschwamm, als welchen man eine Reihe von Pilzformen, welche in zusammenhängenden größeren Massen auf dem Holze auch noch lebender Stämme vegetiren, ansprechen darf, kann — so widersprechend auch noch die Ansichten über Ursächlichkeit und Folge von Pilzbildungen und Zersetzungsvorgängen des Holzes sein mögen — mit ziemlicher Sicherheit als eine Folge der Holzzersetzung oder wenigstens desjenigen Zustandes, der es am meisten zur Zersetzung auch ohne Mitwirkung von Schwamm disponirt, betrachtet werden. Modriges und fauliges Holz besitzt eine viel höhere wasserfassende Kraft als dasselbe im gesunden Zustande, und ist daher weit mehr als dieses zu einem großen Wassergehalte geneigt. Da nun die Pilze einen solchen feuchten Standort lieben, so stellt sich nach einem gewissen Grade von Fäulniß leicht die sogenannte Schwammbildung ein, und dieselbe ist an einem lebenden Stamme oder an einem feuchten Balken auftretend weit mehr ein Zeichen für den Zustand, als an sich eine Ursache der Verderbniß, obwohl sie dann auch ihrerseits zum weitern Ruine des Holzkörpers beitragen mag. Wenigstens beobachtet man in Häusern häufig ein Umsichgreifen der Schwammbildungen, ein Uebertragen derselben (durch Sporen) auf bis dahin gesundes und, wie behauptet wird, ziemlich trocknes Holz, so daß man an eine Infectionskrankheit glauben möchte. Niemals darf man übrigens bei Beurtheilung derartiger Verhältnisse außer Augen lassen, daß in benachbarten Orten auch ähnliche Feuchtigkeitsbedingungen zu herrschen pflegen, so daß, die Uebertragung durch Sporen selbstverständlich zugestanden, die Frage nach der Ursache und Folge doch noch offen bleibt.

Jedenfalls — und das ist für uns die Hauptsache — wirken diejenigen Mittel, welche die Fäulniß- und Zersetzungserscheinungen des Holzes verhindern, im Allgemeinen auch auf den Schwamm. Es hat daher für uns wenig Zweck, auf diese Bildungen näher einzugehen. — Als Species der Holzschwämme werden Thetephora-, Boletus- und Merulius-Arten aus der Familie der Hymenomyceten genannt.

Die Zersetzung des Holzes durch Thiere.

80 Eine große Anzahl von Hölzern dienen kleinen Thieren als Nahrungsmittel und zum Wohnort. Jedem Laien in diesen Dingen sind wenigstens die Holzwürmer bekannt, welche selbst in dem trockensten und härtesten Möbelholze sich Gänge bohren und von demselben sich ernähren. Ganz Aehnliches leisten die Splintkäfer und eine Reihe von anderen Thieren, wie namentlich in manchen südlichen Gegenden eine Ameisenart, die hölzerne Gebäude durch Durchwühlung und Aufzehrung der Holzsubstanz völlig unterminirt und ihre Baufälligkeit herbeiführt. Im Meerwasser ist das Holz den Angriffen zahlreicher Arten von Bohrwürmern, besonders Teredo navalis, ausgesetzt.

Ganz allgemein kann gesagt werden, daß feuchtes Holz und Splint derartigen

Zerstörungen mehr ausgesetzt ist, als trocknes Holz und Kernholz. Das erstere mehr, weil die meisten holzzerstörenden Thierarten schlechthin nicht ohne etwas Wasser zu gedeihen vermögen*), das letztere, weil dieses Gewebe reicher an organischen Inhaltskörpern ist, die den Holzbewohnern immerhin eine leichter zu assimilirende Nahrung zu gewähren vermögen, als die reine Holzsubstanz.

Die Zugänglichkeit der einzelnen Holzarten für die eben angeführte Zerstörungsweise wird nachher bei der allgemeinen Besprechung der Dauerhaftigkeit der einzelnen Holzarten, wenigstens in ihren extremeren Fällen, Erwähnung finden. Hier mag einstweilen darauf hingedeutet werden, daß ein hoher Harzgehalt, der auch sonst die Dauer des Holzes begünstigt, gegen das Befallen von jenen Holzbewohnern in den meisten Fällen schützt, so daß sehr harzreiche Nadelhölzer als todtes Holz nicht durch diese Zerstörungsursache zu leiden haben.

Widerstand der einzelnen Holzarten gegen die Zerstörung.

Nachdem wir einen Ueberblick gewonnen haben über die verschiedenen Vor- 81
gänge, in Folge welcher das Holz in einer Weise verändert wird, daß es seine technisch wichtigsten Eigenschaften einbüßt, wird es nothwendig sein, eine Vorstellung davon zu erlangen, in wie weit jene allgemeinen Betrachtungen die einzelnen Holzarten angehen.

Wir versuchen wieder, wie früher schon einmal, eine derartige Classification zu geben nur in Rücksicht auf die Baumgattung und ohne noch einstweilen auf die vielfachen möglichen Unterschiede innerhalb der einzelnen Baumgattung einzugehen. Allein von vornherein muß sogleich mit Schärfe unterschieden werden zwischen Dauerhaftigkeit an der Luft und Dauerhaftigkeit im Wasser, denn hinsichtlich dieser beiden Bedingungen kehrt sich das Verhältniß häufig geradezu herum. So ist das Buchenholz unter Wasser eins der dauerhaftesten Hölzer, an der Luft dagegen unter manchen Bedingungen außerordentlich der Zerstörung ausgesetzt. Mit dem Holze der echten Kastanie ist es gerade umgekehrt, und leider sind wir keineswegs im Stande, für diese Verschiedenheiten plausible Gründe anzugeben.

Es giebt einzelne Hölzer von unerhörter Dauerhaftigkeit. Allein dies sind meistens ausländische Holzarten, und die Angaben beziehen sich außerdem auf trocknere Klimate als die unseren. So soll an dem Dach des Tempels der Diana zu Ephesus 400 Jahre gebaut worden sein, und es wird angegeben, daß dasselbe aus Cedernholz bestand, woraus man also einen Schluß auf die Dauer dieses Holzes unter günstigen Umständen machen kann. Von der Dauerhaftigkeit des Cypressenholzes wird Aehnliches erzählt.

Derartiges ist allerdings von unseren einheimischen Hölzern unter den gewöhnlichen Umständen ihrer Anwendung nicht zu berichten. — In den Angaben, die wir hierüber zu machen haben, richten wir uns nicht nach einer einzigen Autorität, sondern, da bei Verschiedenen erheblich verschiedene Angaben in Geltung sind, so

*) Allerdings sind auch relativ sehr trockne Hölzer vor den Angriffen mancher Kerfe nicht geschützt.

wollen wir unsere Mittheilungen innerhalb der von Pfeil und Nördlinger gegebenen Zahlen unbestimmt lassen, da ja auch in der That eine ganz constante Zahlenangabe für den vorliegenden Gegenstand sehr wenig der Natur der Erscheinung entsprechen würde.

82 **Dauer an der Luft und im Freien.** Die Dauerhaftigkeit der gewöhnlichsten Hölzer im Freien, Wind und Wetter ausgesetzt, wird von den genannten Autoritäten durch folgende Zahlen ausgedrückt, wenn man die Dauer des Eichenholzes willkürlich gleich 100 setzt.

Eiche	100	Buche	10 bis 60
Ulme	60 bis 90	Weide	30
Lärche	40 „ 85	Erle	20 bis 40
Kiefer	40 „ 85	Pappel	20 „ 40
Fichte	40 „ 67	Aspe	20 „ 40
Esche	15 „ 64	Birke	15 „ 40

83 **Dauer an der Luft, vor Regen geschützt.** Die Reihenfolge der Dauerhaftigkeit im Trocknen ist nach der Angabe derselben Fachmänner keine von der eben mitgetheilten sehr verschiedene, nämlich:

Eiche	100	Buche	15 bis 95
Lärche	95	Weide	35 „ 40
Ulme	80 bis 100	Junge Kiefer	15 „ 60
Alte harzige Kiefer	90	Erle	25 „ 38
Fichte	50 bis 75	Pappel	25 „ 35
Aspe	30 „ 95	Birke	20 „ 38

Diese Angaben beziehen sich indessen nicht auf ganz absolute Trockenheit, da wir zur Genüge wissen, daß unter diesen Umständen die Dauer auch weicherer Hölzer so zu sagen eine unbeschränkte ist. Man braucht nur das Sargholz ägyptischer Mumien zu betrachten, um hierfür einen thatsächlichen Beleg zu haben. Es ist namentlich zu beachten, daß nahezu trockne Hölzer in ihrer Dauer vielmehr davon abhängig sind, ob Insecten vorhanden sind, die Geschmack an ihnen finden, als von Fäulniß- und Verwesungserscheinungen.

84 **Dauer unter Wasser.** Für die Dauerhaftigkeit in beständiger Nässe werden jedoch ganz andere Zahlen angegeben:

Eiche	100	Junge Kiefer	70
Erle	100	Fichte	50
Ulme	90	Esche	ganz unhaltbar
Buche	70 bis 100	Weide	ganz unhaltbar
Lärche	80	Pappel	ganz unhaltbar
Kiefer	80	Birke	ganz unhaltbar

Man erkennt, wie in der Anordnung nach der Dauer unter Wasser das Holz der Erle und Buche einerseits, das der Weide andererseits wesentlich andere Plätze erhalten, als bei der Vergleichung der Dauer an der Luft.

Dauer von Pfählen in der Erde. Noch mögen die Resultate einiger 85
von **Hartig** angestellten, auf denselben Gegenstand gerichteten Versuche mitgetheilt werden. Derselbe rammte Pfähle, gefertigt aus den verschiedensten Holzsorten, die alle im Winter gefällt worden waren, in den Boden und beobachtete die Dauer, bis zu welcher die Pfähle an der Erde ganz abgefault waren. Nach diesen Versuchen ergiebt sich für die wechselnden Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens folgende Reihenfolge der einzelnen Hölzer:

Akazie (Robinia) . . . . . . Lärche	nach 10 Jahren ganz intact.
Eiche . . . . Kiefer . . . . Tanne . . . . Fichte	nach 10 Jahren die Splintlage mehr oder weniger angefault.
Silberahorn (Acer dacycarpum) . Ulme . . . . Ahorn (Acer pseudopl.) . . . Birke (Betula alba var.) . . . Esche . . . . Vogelbeere	nach 8 Jahren an der Erde abgefault.
Buche . . . . Hainbuche . . . . Birke (Betula alba L.) . . . . Erle . . . . Aspe . . . . Ahorn (Acer platanoïdes) . . Linde . . . . Platane . . . . Roßkastanie . . . . Pappeln	nach 5 Jahren an der Erde abgefault.

Die Resultate dieser Versuche nähern sich am meisten den für die Dauer der Hölzer in Wind und Wetter mitgetheilten Zahlen, und es sind ja auch diesen Umständen die von **Hartig** gewählten Bedingungen am ähnlichsten.

Von besonderm Interesse wird auch hier eine kleine Tabelle über die durchschnittliche Dauer von Bahnschwellen, aus verschiedenen Hölzern gefertigt, sein. Man hat nämlich durch sehr umfassende Zusammenstellungen*) folgende Durchschnittsergebnisse zu Tage gefördert:

Eiche . . .	14	bis	16	Jahre,	Tanne . . .	4	bis	5	Jahre,
Lärche . . .	9	„	10	„	Fichte . . .	4	„	5	„
Kiefer . . .	7	„	8	„	Buche . . .	$2^1/_2$	„	3	„

*) Vergl. Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens, V. Supplementband, 1866, S. 31.

Auch diese Resultate stimmen leidlich mit den vorhergehenden, ebenso eine Reihe von anderen, auf deren Mittheilung wir hier verzichten.

86 **Einfluss der Bodenart auf die Dauerhaftigkeit des Holzes.** Es mag an dieser Stelle dann auch mitgetheilt werden, daß sich verschiedene Bodenarten ungleich verhalten bezüglich der Conservirung von in sie eingesenkten Holzstücken, eben weil die Bodenarten sich der Feuchtigkeit gegenüber verschieden verhalten, und auch, wie es scheint, weil manchmal eine chemische Einwirkung der Bodenbestandtheile auf den Verlauf des Zersetzungsprocesses in Betracht kommt. Thonboden und strenger Lehmboden wirken im Allgemeinen am günstigsten auf die Dauerhaftigkeit des Holzes ein, welches sie umgeben*). Aehnlich wirkt auch nasser Sandboden. — In allen diesen Fällen ist das Holz sehr gleichmäßig von Feuchtigkeit umgeben, die Luft ist ziemlich abgesperrt, und jenes wird auf einer niedrigen und gleichmäßigen Temperatur erhalten, so daß der beobachtete Einfluß verständlich ist. Es ist dann ebenso erklärlich, warum Holz im trocknen Sandboden und im Kalkboden am rascheften verdirbt, denn hier hat Wasser und Luft abwechselnd Zutritt, und diese Bodenarten sind warme. Warum dann der Kalkboden noch ganz besonders zerstörend wirkt, dafür läßt sich ein chemischer Grund beibringen, indem der Kalk als Base durch Bindung entstehender humoser Säuren zu deren Bildung prädisponirt und dann auch deren Oxydation beschleunigt.

87 **Zugänglichkeit der verschiedenen Hölzer für Zerstörung durch Thiere.** Es muß übrigens bei Beurtheilung der mitgetheilten Zahlen für die Dauerhaftigkeit wohl festgehalten werden, daß dabei die verschiedenen Zerstörungsarten nicht deutlich auseinander gehalten sind. So beruht die kurze Dauer des Buchenholzes in nicht zu feuchter Luft hauptsächlich darauf, daß es wegen der Beschaffenheit seiner chemischen Bestandtheile dem Wurmfraße ganz außerordentlich ausgesetzt ist. Bei Verwendungsarten, bei welchen diese Gefahr beseitigt wäre, würde sich ohne Zweifel eine viel größere Dauerhaftigkeit des Buchenholzes herausstellen, wie denn auch einzelne Angaben für die Aufbewahrung im Trocknen eine hohe Dauer desselben behaupten.

Bei hohem Alter der Bäume ist das Holz derselben beinahe ohne Ausnahme der Zerstörung durch manche Arten von Insecten ausgesetzt, namentlich wenn dasselbe etwas feucht ist. Die Bockkäfer und Nagekäfer wirken hauptsächlich in dieser Richtung. Am meisten bleibt noch verschont, wie schon früher erwähnt, das Holz der Nadelhölzer, und von den Laubhölzern das der Ulmen, Eichen und Eschen. Der Splint der Bäume sowie junge Stämmchen werden von Splint- und Nagekäfern durchfressen, der Splint der Eiche, Ulme, des Nußbaums von den ersteren, der Splint der Buche, Hainbuche, der Birke, Weide, Erle, des Kirschbaums und wiederum des Nußbaums von den letzteren. Man sieht also, daß die geringe Dauerhaftigkeit vieler Holzarten unter gewissen Umständen nur ein Ausdruck für die That-

*) Diese Erfahrung ist indessen keineswegs allgemein. So faulen manche Schwellenhölzer, namentlich buchene, weit rascher im undurchlässigen Boden (Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnwesens, III, Supplementband, S. 57).

sache ist, daß gewisse Kerfe vorhanden sind, denen die Art von Nahrung, wie sie von einem Holze geboten wird, zusagt, und die im Stande sind, das Gewebe ohne allzugroßen Kraftaufwand zu zernagen.

Beziehungen der Dauerhaftigkeit der Hölzer zu anderen Eigenschaften derselben. 88
Es ist selbstverständlich, daß eine innige Beziehung der Zugänglichkeit der Hölzer für verschiedene Zersetzungserscheinungen zu deren chemischen Zusammensetzung und zu deren anatomischen Structur bestehen muß, und so liegt es nahe, auch eine solche Beziehung zu den übrigen Holzeigenschaften, die ja durch jene Beschaffenheit der Hölzer bedingt sind, zu vermuthen. In der That ergiebt sich nun auch aus einem kurzen Blick in die eben mitgetheilten Angaben, daß eine gewisse Beziehung zwischen Dauerhaftigkeit und der *Dichtigkeit des Holzkörpers* besteht. *Schwere Hölzer*, wie Eiche und Akazie, und ebenso die Eibe, sind im Durchschnitt auch *haltbarer* und *der Fäulniß weniger zugänglich*, als die *leichten Hölzer* der Pappelarten. Allein diese Beziehung ist nichts weniger als eine allgemeine, dafür spricht schon das äußerst verschiedene Verhalten eines und desselben Holzes unter verschiedenen Zersetzungsbedingungen. — Andere Beziehungen ergeben sich sodann zu der chemischen Zusammensetzung oder besser zu dem Gehalte an gewissen chemischen Substanzen. So macht der *Harzgehalt* (resp. der Gehalt an ätherischen Oelen) der Nadelhölzer das specifisch leichte Holz derselben äußerst dauerhaft. Eine ähnliche Rolle scheint der *Gerbstoffgehalt* des Eichenholzes zu spielen, obwohl dies von Einigen bezweifelt wird. Das Terpentin ist der Vegetation niedriger Organismen — und solche stehen ja ohne Zweifel mit einigen Vorgängen der mannigfaltigen Fäulnißerscheinungen in Zusammenhang — sowie dem Befallen des Holzes durch Thiere offenbar ungünstig, auch nimmt es dem Holze seine hygroskopische Beschaffenheit, und die Gerbstoffe machen die Proteïnkörper, welche die hauptsächlichsten Träger einer Reihe von Zersetzungserscheinungen sind, unlöslich. Wir sind also im Stande, die Art dieser Einwirkungen einigermaßen zu übersehen. — Die Conservirung durch einen Harzgehalt erstreckt sich sogar unter Umständen so weit, daß die mit diesen Stoffen reichlich getränkten Hölzer an unterirdischen Lagerungsplätzen sich so lange erhalten, bis eine wahre Versteinerung solcher Stämme durch Infiltration anorganischer Substanzen eintritt, was für die Laubhölzer nicht beobachtet ist. Man findet z. B. unter den versteinerten Hölzern der Tertiärformation fast nur Coniferenstämme und nur sehr ausnahmsweise Laubhölzer, obschon das massenhafte Vorhandensein der Reste von Blättern und Früchten dieser Holzarten in denselben Schichten deutlich genug bekundet, daß auch diese Baumgattungen in der bezeichneten geologischen Epoche vertreten waren. Allein die Zersetzungsbedingungen, um die es sich in solchen Fällen handelt, sind wieder so abweichend von denen, welchen unsere Nutzhölzer gewöhnlich unterworfen sind, daß es unrichtig wäre, allein nach diesem Maßstab zu messen. Immerhin ergiebt sich aus diesem Verhalten die hohe conservirende Befähigung eines Harzgehaltes.

Auf diese wenigen Bemerkungen, die natürlich nur einen verschwindenden Bruchtheil erklären von dem, was hier zu erklären wäre, müssen wir uns leider zur Zeit beschränken.

89 **Einfluss verschiedener Wachsthumsbedingungen auf die Dauerhaftigkeit der Hölzer.** Wie die verschiedenen äußeren Umstände, unter denen sich das Wachsthum eines Baumes vollzog, von hohem Einfluß sind auf alle anderen technisch wichtigen Eigenschaften einer Holzart, so sind sie dies natürlich auch auf deren Dauerhaftigkeit.

Was zunächst den Einfluß der Fällungszeit auf die Dauerhaftigkeit des Holzes betrifft, so sollte man denken, daß erwähnenswerthe Unterschiede bestehen müßten, denn wir haben früher gesehen, daß das specifische Gewicht des Winterholzes unter anderem in Folge einer größeren Menge von Inhaltskörpern im Holzgewebe ein höheres ist, als das des Sommerholzes, und diese Inhaltskörper sind ja die hauptsächlichsten Veranlasser von Zersetzungserscheinungen. Wir haben weiter gesehen, daß der Saftgehalt im Winter ein größerer ist und daß das im Winter geschlagene Holz nicht rasch Gelegenheit hat, sich desselben durch Verdunstung zu entledigen. — Andererseits befindet sich im Sommerholze ohne Zweifel der Zellinhalt der noch lebensthätigen jüngeren Zellen des Splintes in löslicherer und für chemische Thätigkeit jeder Art zugänglicherer Form, und es wird diese Thätigkeit im geschlagenen Holze natürlich durch die höhere Sommertemperatur begünstigt, also daß auf diese Weise leicht der Keim zu weitergehenden Zersetzungsprocessen gelegt werden kann. — Die herrschende Meinung scheint den letztgenannten Ursachen eine tiefergreifende Wirksamkeit beizulegen, also daß man im Allgemeinen*) das Winterholz für dauerhafter hält, als Sommerholz; auch sind viele Versuche veröffentlicht worden, die dies mit Evidenz zu beweisen scheinen. Allein gewichtige Autoritäten haben ihre Ansicht dahin kund gegeben, daß es nicht möglich sei, ein allgemeines Urtheil über diesen Gegenstand zu fällen, daß unter manchen Verhältnissen, die übrigens noch nicht genau festgestellt sind, und für manche Holzarten das Sommerholz, für andere Holzarten und unter anderen Umständen aber das Winterholz dauerhafter sei, und daß im Großen und Ganzen wohl kein erheblicher Unterschied bestehe**). Dabei ist festzuhalten, daß die Unterschiede in Wassergehalt und an Inhaltskörpern beinahe ausschließlich den Splint, nicht aber das Kernholz betreffen, und daß dieselben in Folge dessen und mit ihnen die Ver-

*) Schon Vitruv gab die Winterzeit (vom Anfange des Herbstes bis zur Zeit, wo der Westwind zu wehen beginnt) als die beste Schlagzeit an, und dies stimmt mit der noch jetzt geltenden landläufigen Meinung. Dagegen gelten in Catalonien Juli und August als die besten Hiebmonate, und in England gilt das im Sommer geschlagene Eichenholz als zum Schiffsbau völlig geeignet.

**) Im Uebrigen sind die Angaben auf diesem Gebiete einander außerordentlich widersprechend. Vergl. Forstl. Berichte 1852, S. 194, und 1860, S. 104. Nur in Hinsicht auf die Zugänglichkeit für Zerstörung durch Insecten konnte ein erheblicher Unterschied zwischen Sommerholz und Winterholz experimentell festgestellt werden, und zwar hat sich gerade in dieser Beziehung das erstere als das haltbarere erwiesen, indem die Kerfe natürlich in dem reichlich mit Reservestoffen versehenen Splintholze des Winters mehr Nahrung vorfinden, als in dem entsprechenden Holzgewebe im Sommer, wo diese Stoffe großentheils zur Neuentfaltung von Organen verbraucht worden sind. Also in dieser Hinsicht war das experimentelle Resultat gerade der populären Meinung entgegengesetzt. Dagegen erstickt Sommerholz, unentrindet liegen gelassen, leichter wie das Winterholz, und hierin sowie in den wirthschaftlichen Vortheilen des winterlichen Fällens mag wohl die landläufige Meinung ihren Grund haben.

schiedenheit in der Dauerhaftigkeit zwischen Sommer- und Winterholz um so mehr verschwinden, um je dickere Balken es sich handelt.

Von so geringem Einfluß die Fällungszeit, d. h. je die Witterungsverhältnisse des letzten halben Jahres, auf die Dauer des Holzes ist, von so erheblichem Einflusse sind die äußeren Vegetationsbedingungen, denen der Baum sein ganzes Leben hindurch ausgesetzt war, auf dieselbe. Wir haben schon früher ziemlich ausführlich von den Einflüssen gesprochen, welche Standort eines Baumes, namentlich die Bodenart und klimatische oder Witterungsbedinguugen auf die Dichtigkeit des erzeugten Holzes ausüben. Nun können wir hinzufügen, daß die Dichtigkeit — so wenig dieselbe bei verschiedenen Holzarten maßgebend ist für die Dauerhaftigkeit derselben — für eine und dieselbe Baumgattung auch ungefähr geradezu der Dauer derselben proportional ist. Mithin gilt die ganze eben angezogene Stelle*) auch für den Widerstand des Holzes gegen Witterungseinflüsse. Es ist daher unnöthig, das dort Gesagte hier zu wiederholen. Die Erklärung für die in Rede stehende Beziehung liegt in der That auch ziemlich auf der Hand. Schwammiges poröses Holz ist weit zugänglicher für atmosphärische Einflüsse jeder Art, welche ja mit den meisten Zersetzungserscheinungen in der innigsten Beziehung stehen (obwohl für sehr weite Poren gerade das Umgekehrte gelten soll); dasselbe unterliegt also diesen ungefähr aus denselben Gründen leichter, welche auch veranlassen, daß ein Pulver chemischen Actionen zugänglicher ist, als ein dichter Körper von gleicher Masse**).

Verschiedene Dauer des Holzes von verschiedenen Theilen eines und desselben Stammes. Sowie eine bedeutende Beeinflussung der Dauerhaftigkeit des Holzes durch die allgemeinen Vegetationsbedingungen besteht, so machen sich auch in derselben Richtung die verschiedenen örtlichen Lagen eines gewachsenen Holztheils am Stamm geltend, und zwar ist der Sinn dieser Beziehung nach dem schon Gesagten von selbst ersichtlich. Ich betone weniger das verschiedene specifische Gewicht oben und unten oder außen und innen im Stamme oder die Unterschiede zwischen Aesten, Hauptstamm und Wurzel. Dieselben sind nicht gewichtig genug, um hier weiter in Betracht zu kommen. Ich erinnere vielmehr daran, was über den Saftgehalt und die Inhaltskörper des Splintgewebes gesagt wurde. Es folgt daraus unmittelbar, und darauf wurde auch schon hingedeutet, daß der Splint, obschon im Durchschnitt von größerem specifischen Gewichte als das Kernholz, diesem an Dauerhaftigkeit weit nachsteht. 90

---

*) Siehe oben S. 64 u. f.

**) Einer großen Verbreitung genießt die Ansicht, wonach Bäume, welche durch Raupenfraß oder durch Borkenkäfer getödtet worden sind, ein weniger dauerhaftes Holz liefern, als gesund gefällte Bäume. Diese Anschauung, in so kategorischer Weise ausgesprochen, ist entschieden unrichtig. Das auf die fragliche Art getödtete Holz ist nur deshalb weniger haltbar, weil es häufig wegen der Zerstörung seiner Belaubung oder Benadelung sich seiner überflüssigen Säftemasse nicht entledigen konnte oder weil man es häufiger in der weitern Behandlung vernachlässigt. Völlig gleich behandelt ist es, soweit die Erfahrung reicht, von gleicher Dauer wie anderes Holz.

Ganz das Gleiche gilt auch für das Holz der durch Frost getödteten Bäume, für welche die populäre Meinung nach einer ebenso oberflächlichen Beobachtung eine geringe Dauerhaftigkeit behauptet.

In der That geht der Splint in den allermeisten Fällen weit schneller in Fäulniß oder in Vermoderung über, als das Kernholz*), es sei denn, daß dieses schon im Innern des Baumes mit Zersetzungserscheinungen begonnen habe. — Nach Nördlinger ist es ein sicheres Merkmal für die beginnende Erkrankung des Kernholzes, daß dasselbe in dünnen Spähnen durchscheinender zu werden beginnt als der Splint und einen größern Saftgehalt wie dieser zeigt, während unter normalen Verhältnissen das Umgekehrte der Fall ist. Der größere Saftgehalt ist also auch in diesem Falle ein Merkmal für die größere Zersetzbarkeit**). — Ganz analog seiner größern Zugänglichkeit für Fäulnißprocesse fällt der Splint weit eher der Zerstörung durch Insecten — der Splintkäfer hat ja sogar seinen Namen darnach bekommen — anheim, als das Kernholz.

Mit diesen leicht erklärlichen Unterschieden im Zusammenhang steht dann die Erfahrung, nach welcher junge Stämmchen ein weniger dauerhaftes Holz liefern, als alte Bäume — eine praktisch wichtige Regel, die so lange richtig ist, bis man zu sehr alten Bäumen emporsteigt, für die sich selbstverständlich wegen schon begonnener Zersetzungsprocesse der Kerne die Regel umkehren kann. Junge Stämmchen bestehen ihrem Holzkörper nach eben vorwiegend oder ganz und gar aus Splint, und dieser enthält noch größere Mengen von lebensthätigen Zellen mit protoplasmatischem Zellinhalt, welche aus dem ältern Holze längst verschwunden sind.

Einfluß nachträglicher Behandlung auf die Dauerhaftigkeit des Holzes.

Natürlich sprechen wir nicht an diesem Orte von den Methoden der Holzconservirung, denen wir vielmehr einen Hauptabschnitt einräumen müssen, sondern nur von einigen Nebendingen, vor allem von dem Einfluß des Liegenlassens des Holzes mit oder ohne Laub, mit oder ohne Rinde 2c., dann der Flößung auf die Widerstandskraft des Holzes zersetzenden Einflüssen gegenüber.

91 **Die Arten des Liegenlassens des gefällten Holzes vor seiner technischen Benutzung zu Bauzwecken in ihrem Einfluss auf die Dauer.** Das Meiste, was hier zu bemerken ist, ergiebt sich nach dem früher Gesagten von selbst. Da die Feuchtigkeit überall ein Hauptagens ist, welches bei den verschiedensten Zersetzungsprocessen mitwirkt, so ist es durchaus selbstverständlich, daß grünes Holz, ohne Weiteres zu Bauten verwandt und namentlich an dumpfige Orte gebracht, wo es seinen reichlichen Saftgehalt nicht durch Verdunstung abgeben kann, jeder Art von Zersetzungsprocessen, einschließlich dem Insectenfraß,

*) Auch für Schimmel- und andere Pilzwucherungen ist das Kernholz so viel weniger zugänglich als der Splint, daß man an den Hirnflächen mancher gefällten Hölzer die Grenze des Kerns durch das Verschwinden jener Bildungen scharf bezeichnet findet.

**) Ausnahmen giebt es hier allerdings. So fault nach Nördlinger (Pfeil's kritische Blätter 2c. 1864, I, S. 109) bei der Fichte das Kernholz leichter als der Splint.

außerordentlich unterworfen sein muß. Dasselbe gilt natürlich, wenn man frisch geschlagenes und sogleich behauenes Holz mit einem Oelanstrich oder einem Lehmüberzug versieht, wodurch wohl trocknes Holz vor Feuchtigkeitsaufnahme und darum vor Verderben geschützt, aber bei feuchtem Holze gerade das Gegentheil bewirkt wird.

Es ist also keiner Frage unterworfen, daß man, rein technisch beurtheilt, immer die vorhergehende Austrocknung nach Möglichkeit vollständig beendet sein lassen muß, ehe man zur Verwendung des Holzes schreitet, und nur die wirthschaftliche Seite der Frage zieht hier oft naheliegende Schranken.

Andererseits muß man sich aber vor einer zu raschen Austrocknung hüten, da hierbei unvermeidlich ein ungleichmäßiges Schwinden und Reißen des Holzes eintritt, welches letztere nicht bloß die technische Verwendbarkeit der betreffenden Balken beeinträchtigt, sondern auch geradezu manchen Zersetzungsprocessen Vorschub leistet, indem durch die Risse den atmosphärischen Einflüssen Zugang zum Innern des Holzes verstattet wird, und die Feuchtigkeit in denselben sich besonders leicht ansammelt. Daher erfordert die Verhütung des Reißens ein langsames Austrocknen, und, um dies zu erreichen, läßt man, wie schon früher angeführt, die berindeten Stämme, ohne durch Schälen oder Beschlagen die Rinde zu entfernen, eine Zeit lang liegen, oder man schlägt eine Art von Mittelweg ein und entfernt nur schraubenförmige Streifen von Rinde.

Werden die Bäume, was freilich seltener geschieht, im Laub geschlagen, so beläßt man vortheilhaft die Laubkrone dem liegenden welkenden Stamme, denn diese trägt außerordentlich zur Verdunstung des in ihm befindlichen Wassers bei*). Um zu verstehen, auf welche Weise die Belaubung hierzu beiträgt, muß man sich nur erinnern, daß die Blätter auch am gefällten Stamme noch lange Zeit hindurch lebend bleiben und ihre normalen Functionen, wozu bekanntlich auch die Verdunstung von Wasser gehört, ausüben. Dieselben wirken dabei nicht bloß wie poröse Körper, die mit dem saftreichen Holze in continuirlicher Verbindung stehen und hierdurch, wie jeder beliebige andere todte Körper, zur Wasserverdunstung beitragen, sondern sie wirken durch den osmotischen Apparat, den sie darstellen, als kleine Saugapparate, welche in ganz besonders hohem Grade die Entleerung des Stammes von Wasser begünstigen. Ein im Sommer gefällter Baum, den man seiner belaubten Aeste beraubt hat und in der Rinde hat liegen lassen, neigt wegen der Masse seiner Saftbestandtheile und der Unmöglichkeit, sich derselben rasch zu entledigen, außerordentlich zum „Ersticken", jener noch etwas räthselhaften Zersetzungserscheinung, die aber wie alle anderen durch hohe Temperatur und Saftreichthum begünstigt wird.

Man erkennt jedenfalls aus den vorliegenden Verhältnissen, daß die Austrocknung auf natürlichem Wege durch bloßes Lagern der Stämme oder später der behauenen Balken, Bretter, Latten, Pfähle an der Luft nothwendig ein ziemlich langwieriger Proceß sein muß, und daß es in vielen Fällen im wirthschaftlichen Interesse des Besitzers eines so großen todten Capitals, wie es das lagernde Holz

*) So läßt man auch im Frühjahr geschlagenes Holz gerne liegend ausschlagen; es verliert so an Feuchtigkeit und zugleich an schädlichen Inhaltsstoffen.

darstellt, liegt, den Austrocknungsproceß durch künstliche Mittel zu beschleunigen, oder durch eine chemische Veränderung des Holzes den Besitz eines Restes von Feuchtigkeit unschädlich zu machen — ein Gegenstand, den wir sehr bald eingehend zu beleuchten haben werden.

An diesem Orte muß auch einer andern Methode der Holzbehandlung kurz Erwähnung geschehen, die ebenso auf die Dauerhaftigkeit des Productes einen gewissen Einfluß übt, obwohl sie noch mehr wie die bisher besprochenen in das forstmännische Gebiet hinüberspielt. Ich meine das partielle Schälen der noch stehenden und eine Zeit lang fortvegetirenden Stämme. Eine derartige Manipulation hat nicht bloß im Allgemeinen ein langsameres und gleichmäßigeres Austrocknen des mit seinen Wurzeln noch in Verbindung stehenden und oben noch vegetirenden Stammes zur Folge, sondern es wirkt auch auf die Dauerhaftigkeit des so erzielten Holzes dadurch ein, daß der geschälte Stamm durch den Regen eines Theils seiner löslichen Inhaltskörper beraubt wird. In Folge davon wird namentlich der härtere und an Nährstoffen ärmere Splint solcher stehend geschälten und erst später gefällten Stämme vom Splintkäfer weit weniger heimgesucht, als der Splint anders behandelten Holzes, und ist die in Rede stehende Manipulation für manche Classen von Bau- und Nutzhölzern auch ziemlich regelmäßig in Gebrauch.

92 **Einfluss des Flössens auf die Dauerhaftigkeit des Holzes.** Wir haben schon früher davon gesprochen, daß die Dauer mancher Hölzer unter Wasser eine außerordentlich große ist. Von manchen Sachverständigen wird sie geradezu als unendlich angegeben. Das Holz von Wasserbauten ist nicht nur den gewöhnlichen Zersetzungsprocessen nicht unterworfen, sondern dasselbe nimmt eine Zeit lang, theils in Folge des Wasserdruckes, theils durch Einlagerung von Mineralbestandtheilen an Dichte und meistens auch an Festigkeit zu. Erst sehr altes Holz scheint unter den fraglichen Umständen nach und nach wieder etwas brüchiger zu werden.

Die Ursachen, warum das Holz, das z. B. zu Wasserbauten verwendet wurde, unter diesen Verhältnissen den gewöhnlichen Zersetzungsprocessen nicht unterliegt, berühren uns hier aufs Allernächste. Diese Thatsache selbst scheint zunächst in Widerspruch zu stehen mit dem Verhalten des Holzes in feuchtem, von der Luft abgeschlossenem Boden, obgleich auch unter diesen Umständen die Haltbarkeit desselben in der Regel eine verhältnißmäßig hohe ist. Allein wir müssen beachten, daß die Lage eines Balkens in einer großen Menge frei ihn umspühlenden Wassers in Wahrheit eine ganz andere ist. Gerade in der Circulationsfähigkeit des Wassers liegt der tiefgreifende Unterschied. Dieses wäscht langsam die mit allen Zersetzungserscheinungen des Holzes in Beziehung stehenden Inhaltskörper des Gewebes aus, und gerade die Theilchen zuerst, welche vermöge ihrer Löslichkeit die gefährlichsten sind — ein Vorgang, welchen die stagnirende selbst schon mit organischen Stoffen aller Art gesättigte Bodenfeuchtigkeit niemals nachzuahmen vermag. Es läßt sich also aus dem Verhalten des Holzes bei Wasserbauten (sowie aus der größern Widerstandsfähigkeit stark beregneten Splintes) direct schließen, daß das Flößen das Holz haltbarer gegen Witterungseinflüsse machen muß.

Ausnahmen giebt es hier allerdings. Durch Meeresströmungen angeschwemmtes Holz zeigt, im Meerwasser verbleibend, nach dem eben auseinandergesetzten Verhalten eine große Dauerhaftigkeit; allein, an die Luft gebracht, leidet es durch die Imprägnirung mit den Mineralsalzen des Seewassers. Unter diesen befinden sich Chlormagnesium und andere äußerst hygroskopische Salze, und die Folge davon ist, daß vom Meere angeschwemmtes Holz an der Luft nie recht austrocknet und deshalb der Zersetzung durch fäulnißartige Erscheinungen nachträglich manchmal mehr ausgesetzt ist, als das unveränderte Holz, obwohl jenen Salzen andererseits entschieden conservirende Wirkungen zukommen.

Dann ist hier beiläufig des Schadens zu erwähnen, dem das Holz in manchen Fällen beim Liegen unter Wasser durch Wasserthiere, wie z. B. Bohrwürmer im Meere, ausgesetzt ist. Handelt es sich um Hafenbauten und steht Süßwasser in der Nähe zur Verfügung, so ist diesen Beschädigungen häufig in sehr einfacher Weise abzuhelfen, indem man die Bauten so anlegt, daß sie abwechselnd von Meerwasser und Süßwasser bespült sind, durch welchen Wechsel die Seethiere unfehlbar getödtet werden. — Dies nebenbei. Was nun die chemische Veränderung des Holzes durch das Flößen betrifft, so liegen wenigstens für das Fichtenholz ziemlich eingehende Untersuchungen von Wunder*) vor. Dieselben zeigen allerdings, daß durch Extraction mit Wasser im frischen Zustande dem feinzertheilten Fichtenholze keine sehr erheblichen Mengen von organischen Stoffen entzogen werden können, und daß namentlich die organische Substanz des Holzes selbst durch eine solche Extraction nicht nachweisbar in ihrem Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff geändert wird. Dasselbe ist durch andere Untersuchungen auch schon für sonstige Holzarten nachgewiesen worden. Allein eine solche Extraction braucht gar nicht quantitativ sehr bedeutend zu sein, um doch schon durch die Entfernung einiger kaum wägbarer fermentartig wirkenden Stoffe einigen Nutzen zu schaffen. Außerdem wurde nachgewiesen, daß thatsächlich beim Flößen eine tiefergreifende Veränderung des Holzes herbeigeführt wird. Das Flößen führt eine dauernde Berührung des Holzes mit Wasser und zugleich mit Luft herbei, und, sei es, daß hierdurch eine chemische Veränderung des ganzen Holzgewebes herbeigeführt wird, sei es, daß einige Stoffe sich zersetzen und die Zersetzungsproducte austreten, und gerade durch die Auswaschung der so entstehenden Zersetzungsproducte ein weiteres Umsichgreifen dieses Vorgangs an der Luft verhindert wird, das geflößte Holz zeigte im Durchschnitt zweier Analysen 2 Proc. Kohlenstoff mehr als das ungeflößte. Gleichzeitig findet eine Volumzunahme des geflößten Holzes statt, oder besser gesagt, dasselbe wird unfähig in dem Grade zu schwinden, wie das ursprüngliche Holz, so daß es schließlich bei gleichem Wassergehalt erheblich leichter ist wie dieses. Hierauf beruht auch zum Theil die Behauptung des relativ geringern Brennwerths des geflößten Holzes. Zum größten Theil ist er freilich eine Sage.

Wir werden nach dem eben angeführten experimentellen Nachweis unsern Erklärungsversuch für die größere Dauerhaftigkeit des geflößten Holzes dahin zu modificiren haben, daß das Verweilen im Wasser nicht bloß durch einfache Auslaugung der schädlichsten Inhaltskörper wirke, sondern daß dasselbe die Anfänge von Zer-

*) Landw. Versuchsst. Bd. VI, S. 9.

setzungsprocessen begünstige, aber daß zugleich der verbleibende Rest durch fortwährende Auslaugung aller Zersetzungsproducte verhältnißmäßig widerstandsfähig werde.

Das Gesagte hat indessen nur Geltung, wenn das Flößen in normaler Weise und ohne weitere Unfälle erfolgte. Bei den ursprünglichsten Formen der Flößerei, bei der sogenannten „Wildflößerei", ist dieses meistens nicht der Fall. Hierbei werden die Balken häufig von dem reißenden, schlecht regulirten Bergstrom ans Ufer geworfen und lagern dort manchmal lange Zeit hindurch an feuchten Stellen, im hohen Gras u. s. w., kurz an den für Vermeidung tiefergreifender Zersetzungsprocesse aller ungünstigsten Orten, bis sie endlich wieder den Wellen überliefert werden, um von diesen vielleicht ein zweites und drittes Mal auf den Sand gesetzt zu werden, bis sie schließlich ihren Bestimmungsort erreichen. Daß unter solchen Umständen das geflößte Holz in jeder Hinsicht in seiner technischen Verwerthbarkeit dem per Achse zugeführten nachstehen kann, ist weiter keiner besondern Ausführung werth.

Schließlich hängt natürlich auch viel von der Art der Austrocknung des durch Flößung wasserreichen und gequollenen Holzes ab — Verhältnisse, auf die wir vollends nicht weiter einzugehen brauchen.

Die Conservirung des Holzes.

Allgemeines. Der Grund, warum das nähere Studium der Zersetzungs- 93
erscheinungen des Holzes für die Technik von Wichtigkeit ist, liegt in der Möglichkeit, in Folge einer solchen Erkenntniß Mittel und Wege aufzufinden, jene schädlichen Erscheinungen vermeiden oder ihnen Halt gebieten zu können. Solche Mittel und Wege scheinen sich in der That nach den gemachten Ausführungen von selbst zu ergeben.

Fassen wir hier wie überall in erster Linie die Erhaltung des Holzes an der Luft oder an für Luft zugänglichen Orten, wie in den oberflächlichen Bodenschichten, ins Auge, so wird uns in erster Linie die *möglichst vollständige Entfernung aller Holzfeuchtigkeit* als das beste Conservirungsmittel erscheinen. Ist die Austrocknung des zu verwendenden Holzes auf dem natürlichen Wege der freiwilligen Verdunstung noch keine genügende, so wird man die *künstliche Trocknung* in eigens hierzu construirten Apparaten vorschlagen; und diese ist in der That eines der Conservirungsmittel, das wir hier einer eingehenderen Besprechung unterziehen müssen.

Indessen lehrt die einfachste Ueberlegung, daß dies Conservirungsmittel — ganz abgesehen von der mehr oder minder allgemeinen Möglichkeit seiner wirthschaftlichen Ausführung — unmöglich für alle Fälle zureichend sein kann; denn gar häufig sind wir in der Lage, unsere Bauhölzer der erneueten Aufnahme von Feuchtigkeit exponiren zu müssen. Man denke an die Balken auf der Wind- und Wetterseite der Häuser, an die Holzconstructionen in naturgemäß feuchten Räumen, wie Ställen, Küchen, Gewächshäusern und in den mannigfaltigsten technischen Etablissements, an die Telegraphenstangen, Eisenbahnschwellen, Brückenconstructionen, Weinbergpfähle u. s. f., u. s. f. Würden wir für diese Zwecke noch so trocknes Holz verwenden, so würde dies doch keinen Nutzen haben; die Zersetzung des Holzes würde auf Kosten der von Neuem aufgenommenen Feuchtigkeit von Statten gehen. In diesen Fällen muß man also auf andere Mittel sinnen, auf Mittel,

die trotz Feuchtigkeit den Zersetzungsprocessen eine Schranke entgegenstellen, während in ganz trockner Umgebung ausgetrocknetes Holz sich thatsächlich vorzüglich hält.

Zunächst fällt uns hier ein rein mechanisches Mittel in die Augen, das den Zweck hätte, das betreffende Holzstück vor dem Eindringen der umgebenden Feuchtigkeit zu bewahren, und das in einer wasserdichten Umhüllung des Holzes bestehen müßte. Wir werden unter dieser Kategorie in der That die Umhüllungen des Holzes mit Thon oder mit Bleiplatten und dann namentlich die Holzanstriche kurz zu besprechen haben. Allein eine leichte Ueberlegung muß uns zeigen, daß diese Mittel unmöglich eine radicale Hülfe zu bringen vermögen, denn der größte Theil des eigentlichen Holzes bleibt in allen diesen Fällen unverändert und nicht einmal von der Atmosphäre genügend abgeschlossen. Ein geringer Grad von Feuchtigkeit wird sich nach kurzer Zeit bei Verwendung in feuchter Umgebung früher oder später wieder einstellen und mit ihm der Keim der Verderbniß. Wir müssen daher auf tiefergreifende Mittel sinnen.

Nun erinnern wir uns, daß die meisten von uns beleuchteten Zerstörungsvorgänge des Holzes mit den proteïnhaltigen Inhaltskörpern des Holzgewebes in Zusammenhang standen, sei es nun, daß sich aus ihnen chemische Fermente bilden, welche Träger des sich abwickelnden Zersetzungsvorganges sind, sei es, daß an diesem Vorgange niedrige Organismen Antheil nehmen, welche jener Proteïnstoffe nothwendig zu ihrer Ernährung bedürfen. Wir haben es nicht einmal nöthig, uns in den einzelnen Fällen für die eine oder die andere Hypothese zu entscheiden, wenn wir nichts beabsichtigen, als den praktischen Weg für die zweckmäßigste Holzconservirungsmethode aufzufinden. In einem wie in dem andern Falle handelt es sich um die Entfernung oder Unschädlichmachung der Proteïnkörper. Gelingt uns dies, so ist der eigentliche Fäulnißproceß mit Sicherheit ausgeschlossen, und wir werden sehen, wie die Thatsache, daß dieselben Mittel auch die Trockenfäulniß oder Vermoderung unmöglich machen, dafür spricht, daß auch diese Erscheinung eine ähnliche Entstehungsursache wie die gewöhnliche „nasse“ Fäulniß hat. Gährungserscheinungen im Holze und Schimmelbildung auf demselben werden natürlich in gleicher Weise durch die Unschädlichmachung der Proteïnstoffe verhindert, weil es den niedrigen Organismen in diesem Falle häufig an einer zuträglichen Nahrung gebricht. Die dem Holze schädlichen Thiere, Kerfe und dergleichen, werden in der Regel aus derselben Ursache fern gehalten. Nur der Humificirungsproceß, der vermuthlich mit fermentartigen Erscheinungen ganz und gar nichts zu thun hat, scheint nach Vornahme einer derartigen Maßregel noch möglich zu sein. Allein wenn wir bedenken, wie ungünstig die meisten Lagen, in denen sich unsere Bauhölzer befinden, gerade dem fraglichen Processe sind, wie langsam derselbe unter gewöhnlichen Umständen vorwärts schreitet, und wie wenig durch dessen Anfänge die technisch wichtigen Eigenschaften der Hölzer geschädigt erscheinen, so werden wir der voraussichtlichen Nützlichkeit der in Rede stehenden Maßregeln keinen ernstlichen Einwurf machen können.

Die Unschädlichmachung der Proteïnstoffe ist aber noch ein ziemlich weiter Begriff. Man könnte einmal an die Entfernung derselben denken, soweit sie gerade löslich sind. In diesem Sinne ist das längere Verweilen des Holzes im

Wasser, das Auslaugen als Conservirungsmittel und ebenso auch das Dämpfen desselben als solches zu besprechen, ähnlich wie wir dergleichen Gesichtspunkte für die Veränderung durch Flößung geltend gemacht haben. Die Unschädlichmachung der Proteïnstoffe geschieht jedoch in vollständigerer und vortheilhafterer Weise durch Ueberführung derselben in eine unlösliche und nicht so leicht in Lösung überführbare Modification; und wir werden sehen, daß sich beinahe alle Imprägnirungsmethoden, von denen wir ausführlich zu reden haben werden, auf diesen Gesichtspunkt zurückführen lassen. Man betont freilich für viele dieser Methoden, daß sie dadurch wirkten, daß durch die Imprägnirungsstoffe die kleinen Organismen, wie sie nachweisbar oder hypothetisch mit Zersetzungserscheinungen in Beziehung stehen, getödtet würden. Aber mir scheint jenes die allgemeinere und auch exactere Ausdrucksweise zu sein, denn von einem Stoffe, der die Proteïnstoffe unlöslich macht, ist hiermit schon implicite gesagt, daß er nicht bloß die Organismen, die ja lösliche Proteïnstoffe nothwendig enthalten, tödte, sondern auch, daß er wegen des Vollzugs der gleichen Veränderung an den sonstigen Proteïnstoffen des Holzinnern eine Neubildung von Organismen verhindere.

Wir werden also die gebräuchlichsten Conservirungsmethoden des Holzes unter den drei oben geltend gemachten Gesichtspunkten einer Betrachtung unterziehen.

Die Conservirung des Holzes durch Austrocknung.

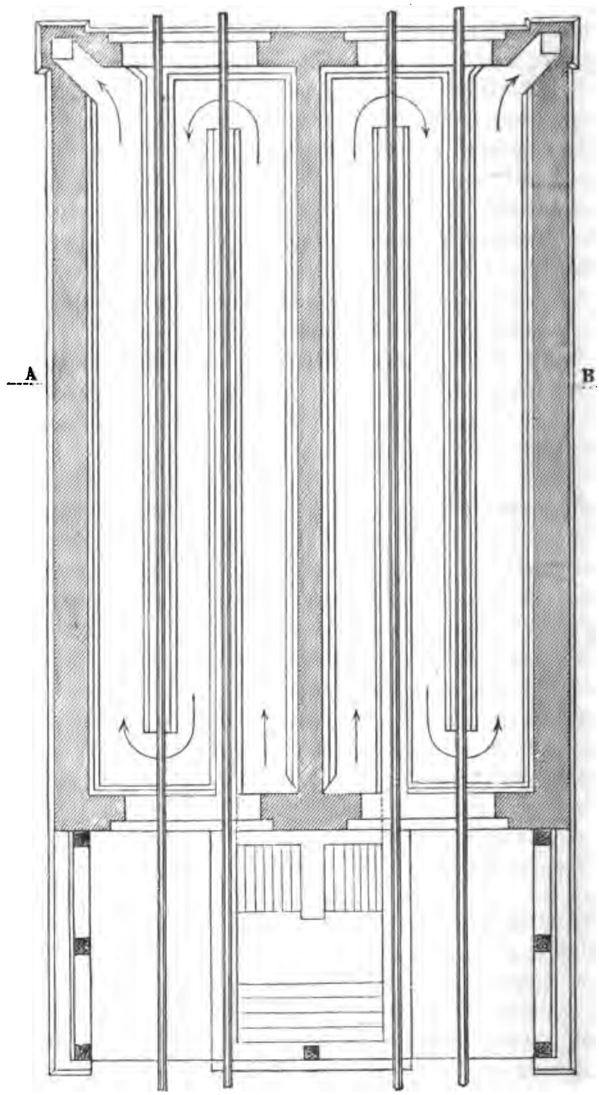
Auf die gewöhnliche Lufttrocknung brauchen wir hier nicht des Nähern zu- 94
rückzukommen. Wir haben schon erwähnt, daß man dabei für ein langsames Fortschreiten des Wasserverlustes Sorge tragen müsse, um das sonst unfehlbar eintretende Reißen des Holzes zu vermeiden. Man pflegt wohl in dieser Absicht manchmal an den zur Lufttrocknung aufgeschichteten Balken die Hirnflächen mit Theer, Lehm oder einer andern undurchlässigen Masse zu bestreichen, um gerade an diesen am meisten dem Wasserverlust ausgesetzten Stellen die zu schleunige Austrocknung zu verhüten, weil sonst eben von diesen Hirnflächen aus für die Verwendbarkeit und Dauerhaftigkeit des Holzes wenig zuträgliche Risse ihren Anfang nehmen. — Dahin gehören dann auch das schon andern Orts erwähnte spiralige Abschälen der Rinde und ähnliche Manipulationen mehr.

Das künstliche Trocknen des Holzes. Um das Austrocknen des 95
Holzes künstlich zu beschleunigen, bedient man sich sogenannter Dörröfen von sehr einfacher Einrichtung, in welchem das Holz direct von den Verbrennungsgasen der zu jenen gehörigen Feuerung umspühlt wird. Diese Gase haben aber bekanntlich zum Theil antiseptische Eigenschaften*), und so gehört diese Methode eigentlich nebenbei auch unter den dritten der von uns geltend gemachten Gesichtspunkte der Holzconservirung. Derartige Dörröfen werden vor Allem für die Austrocknung

*) Ueber die fäulnißwidrigen Eigenschaften des Rauches siehe später bei Besprechung der Conservirungsmethoden mittelst Producten der trocknen Destillation organischer Substanzen.

von Eisenbahnschwellen, für welche Holzsorte überhaupt alle Conservirungsmethoden in erster Linie Bedeutung haben, auf mehreren deutschen und französischen Bahnen verwendet. Die auf preußischen Bahnen gebräuchlichen Trockenöfen be-

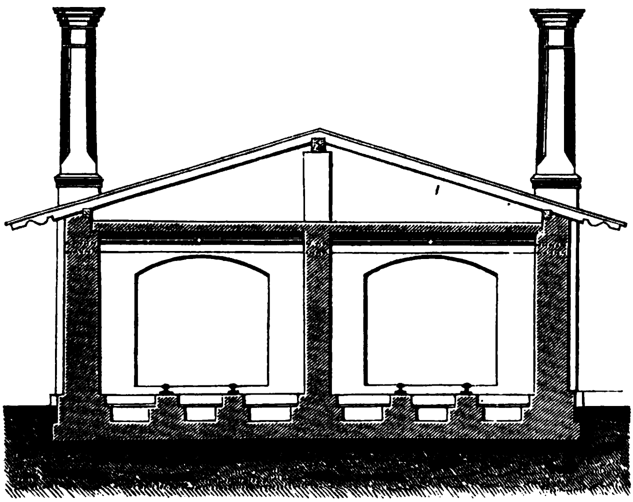
Fig. 17.



stehen aus zwei gewölbten Abtheilungen mit einem gemeinschaftlichen Vorbau als Feuerraum und Thoren mit Blechfütterung. Die Feuercanäle unter dem Boden der gewölbten Räume sind 3 m weit zugewölbt, dann mit durchbrochenen Eisen-

platten bedeckt, bis dieselben schließlich in einen Schornstein münden. Das Weitere ergiebt sich aus nebenstehenden Zeichnungen (Fig. 17, 18). — Nach 6stündigem Heizen und Erhalten des Raums auf 100 ° C. ist der Wasserverlust für Hölzer von dem Umfange der Schwellen ein genügender und beträgt dann z. B. für frisches Nadelholz 4·5 Proc., für lufttrocknes meistens noch mehr als die Hälfte hiervon.

Fig. 18.



Der große Nachtheil dieses raschen Trocknens, das übrigens die Substanz des Holzes keineswegs alterirt, ist das unvermeidliche Auftreten von Rissen. Doch kann dasselbe trotzdem Vortheile bringen, besonders durch die große Ersparniß an Zeit dem natürlichen Trocknen an der Luft gegenüber. Auch kann die Bildung der schlimmsten Risse umgangen werden durch langsames Anwärmen und durch ein rationelles Zuschneiden der Balken, namentlich da, wo es sich um Schwellen und Riegelhölzer handelt. Wir haben von diesem letztern Punkt bereits früher (S. 79) gesprochen.

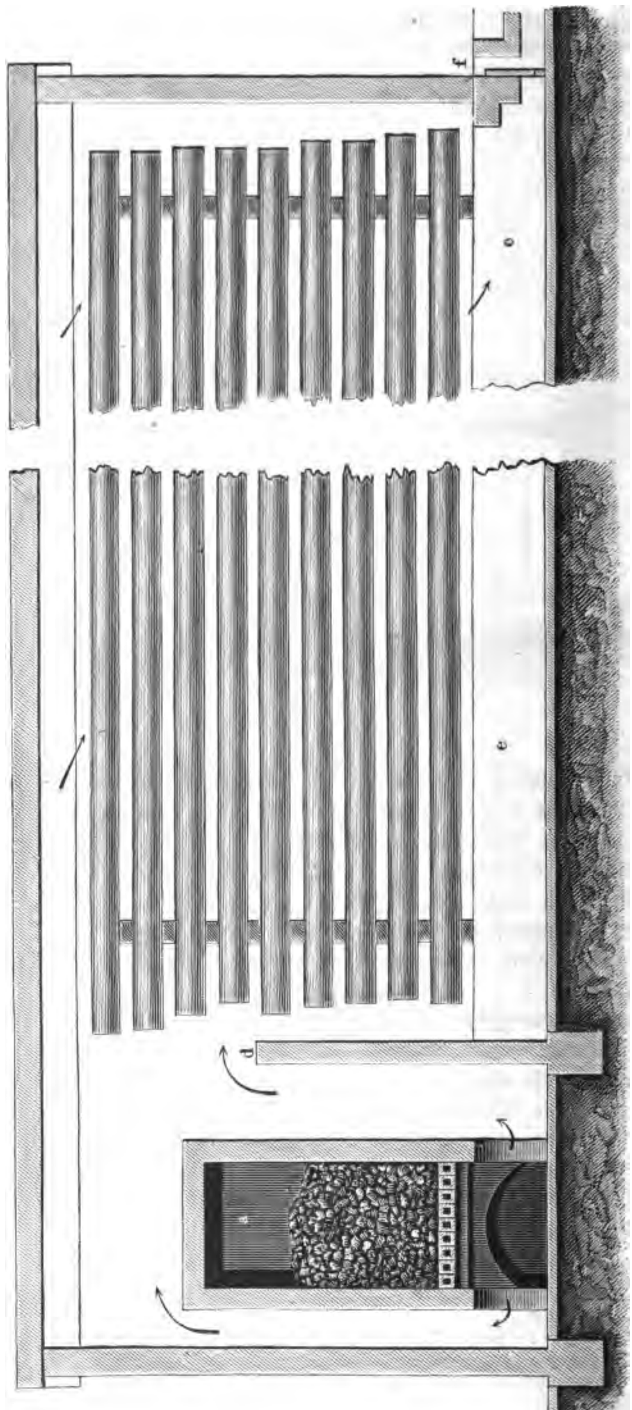
Ein weniger energisches Trockenverfahren schlägt man häufig für noch unzertheilte Balken und größere Bauhölzer ein. Man erhitzt dabei auf eine weniger hohe Temperatur, läßt aber das Holz sehr viel längere Zeit in den Trockenräumen verweilen. Die schlimmsten Uebelstände des künstlichen Trockenverfahrens können dabei vermieden werden; natürlich sind aber auch diese Methoden nur in einer beschränkten Anzahl von Fällen wirthschaftlich lohnend.

So hat der Engländer Napier einen Trockenapparat*) für Schiffsbauholz construirt, welcher auf demselben Principe wie der eben beschriebene beruht, und bei dem also auch die Feuergase direct das zu trocknende Holz bestreichen.

---

*) Vergl. Dingler: Polyt. Journ. Bd. 139, S. 182.

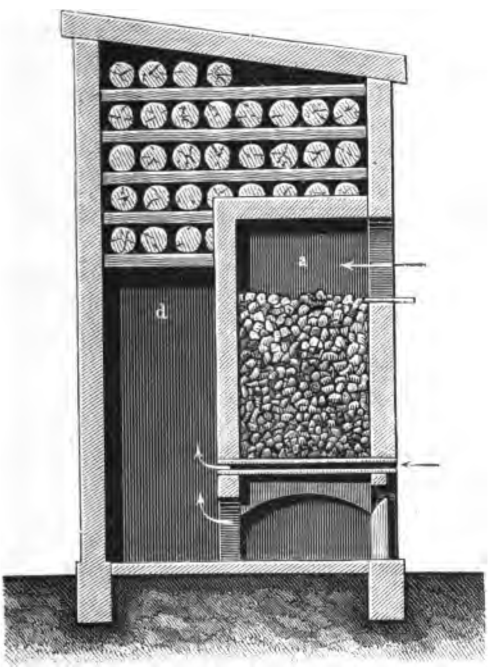
Fig. 19.



Längenschnitt.

Der Napier'sche Trockenapparat besteht aus einer langen schmalen gemauerten Kammer, etwa 18 m lang, 1 m breit und 2·3 m hoch, mit einer Decke aus Steinplatten. Die Hauptlänge der Kammer dient als eigentlicher Trockenraum, in welchem die Hölzer mit Einhaltung von Zwischenräumen auf einander geschichtet werden. An dem einen Ende der Kammer ist eine eigenthümlich eingerichtete Feuerung (Fig. 19 u. 20a.) angebracht, zu welcher, wie dies die Pfeile andeuten, die Luft von oben gelangt, während die Verbrennungsgase unter dem Roste hervorströmen und erst dann, über die gemauerte Scheidewand *d* emporsteigend, zu dem zu trocknenden Holze gelangen. In dem Trockenraume sind die heißen Verbrennungsgase gezwungen, wiederum nach unten, nämlich nach dem Canale *e* zu gehen, welcher seinerseits mit einem stark ziehenden Kamine in Verbindung steht. *f* ist ein Schieber zur Regulirung des Zuges. Die gußeisernen Roststäbe der Feuerung sind hohl, so daß durch dieselben ein Luftzug stattfindet, der sie nicht bloß vor zu rascher Zerstörung schützt, sondern auch seinerseits zum Trocknen des Holzes beiträgt.

Fig. 20.



Querschnitt.

Durch den beschriebenen Weg, welchen die Verbrennungsgase zu nehmen gezwungen sind, wird einerseits bewirkt, daß die Feuersgefahr durch Ueberschlagen der Flamme, durch Funkenfliegen ꝛc. außerordentlich vermindert, sowie auch Schwärzung des Holzes durch Rauch verhütet wird, und dann, daß die Trocknung des Holzes sehr gleichmäßig erfolgt *). Durch den angebrachten Schieber soll es möglich sein, den ganzen Proceß der Austrocknung derartig zu reguliren, daß eine zu schleunige Erhitzung, welche unfehlbar mit einem Reißen des Holzes verbunden sein würde, vermieden wird.

In einem solchen Napier'schen Trockenofen konnten beispielsweise 11 cbm Holz, tannene Bohlen im Gewichte von 7000 Kg

*) Ueber die Theorie der gleichmäßigeren Vertheilung erwärmter Luft in einem abwärts steigenden Röhrensystem siehe Dingler: Polyt. Journ. a. a. O.

durch eine einmalige Heizung mit Coaks, welche durch 64 Stunden fortgesetzt wurde, getrocknet werden, und zwar hatte hierbei das Holz durchschnittlich 14 Proc. seines Gewichtes an Wasser verloren, und waren auf jedes Pfund verbrannten Coaks 3·2 Pfund Wasser verdampft worden.

Natürlich existiren außer den genannten noch zahlreiche andere Trockenvorrichtungen für Holz, deren Princip aber meistens dem der hier beschriebenen Apparate ähnlich, mithin äußerst einfach ist, und keine eingehende Erörterung verdient*). Von Interesse sind nur noch die Temperaturen, welche man bei derartigen Apparaten einzuhalten empfiehlt, um das Reißen größerer Bauhölzer nach Möglichkeit zu vermeiden. Als solche Temperaturen findet sich für Eichenholz 40°, für Fichtenholz 50° R. angegeben, also Temperaturen, welche bei den für kleinere Hölzer, besonders Eisenbahnschwellen, üblichen Trockenverfahren um bedeutende Größen überschritten werden.

Man hat ferner in England noch Trockenapparate für Holz ausgeführt**), bei welchen dasselbe in luftdicht zu schließende eiserne Gefäße gebracht wird, und wobei das Austrocknen durch Erhitzen dieses Gefäßes mittelst eines Dampfmantels bei gleichzeitigem Arbeiten einer Luftpumpe geschieht. Es scheinen indessen derartige Methoden, für sich allein angewendet, keine weitere Verbreitung gefunden zu haben, was bei der Kostspieligkeit solcher Vorrichtungen sehr natürlich erscheint. Später werden wir indessen sehen, daß dieselben in Verbindung mit anderen Conservirungsmethoden von großer Bedeutung sind.

Eine sehr weit gehende Anwendung hat, wie man aus dieser ganzen Darstellung ersieht, das Dörren des Holzes, für sich allein angewendet, nicht gefunden. Erst später, im Verein mit nachfolgender Imprägnirung, werden wir das fragliche Verfahren eine bedeutungsvollere Rolle spielen sehen.

An die Trockenmethoden mittelst erhitzter Gase würden sich strenggenommen die mit überhitztem Wasserdampf unmittelbar anschließen. Wir verschieben indessen die Besprechung dieser bis zur Behandlung des Dämpfens des Holzes überhaupt, welchem Verfahren ja wesentlich aus einem ganz andern Gesichtspunkt ein conservirender Effect zukommt.

Andere Methoden der Austrocknung des Holzes als durch künstliche Erhöhung der Temperatur sind nicht in Anwendung, und es wäre auch die Zweckmäßigkeit irgend einer solchen kaum abzusehen. Es mag hier nur der oberflächlichen **Verkohlung des Holzes** Erwähnung geschehen, weil man von mehreren Seiten annimmt, daß der Sinn dieses Verfahrens auch wesentlich der der Austrocknung sei, obgleich man auch geneigt sein könnte, dies Verfahren auf den Schutz des innern Holzkerns vor den atmosphärischen Einflüssen durch eine widerstandsfähige verkohlte Schicht zurückzuführen.

96 **Das Ankohlen des Holzes.** Bekanntlich wird diese Methode besonders

*) Ein weiterer Trockenapparat für Holz, welcher einem Herrn Guibert in Tourlaville patentirt wurde, findet sich beschrieben und abgebildet in Armengaud's Génie industriel 1863, S. 301, im Auszug in Dingler's polytechn. Journ. Bd. 169, S. 422. Auch bei diesem streichen die Verbrennungsgase durch den Trockenraum.

**) Vergl. Gottgetreu: Phys. u. chem. Beschaffenh. d. Baumaterialien, S. 311.

da angewendet, wo es sich darum handelt, Pfähle und Stangen in den feuchten Boden einzuschlagen, wo also der im Boden befindliche Theil des Holzes ungefähr den für die Beförderung von Fäulnißerscheinungen günstigsten Bedingungen ausgesetzt ist, die man sich nur denken kann. Man hat die Uebung, solche Pfähle und Stangen, also Weinbergpfähle, Geländerpfosten, Baumstützen, Telegraphenstangen an dem Ende, mit welchem sie mit dem feuchten Boden in Berührung kommen sollen, oberflächlich zu verkohlen, und glaubt sie dadurch wenigstens eine Zeit hindurch vor Verderben geschützt.

Als mögliche Vortheile dieser Methode erscheinen: die wiewohl meistens unvollkommene Austrocknung des betreffenden Holzendes, welche wenigstens die beginnende Fäulniß etwas hinausrücken mag, die Tränkung einer (der verkohlten Schicht zunächst liegenden) Holzschichte mit antiseptischen Verbrennungsproducten und etwa die Eigenschaft der Kohle selbst, von außen eindringende faulende Substanzen auf sich zu verdichten und bis zu einem gewissen Sättigungsgrade unschädlich zu machen; ferner noch bei ungespaltenen Stangen die Unschädlichmachung der leicht zersetzbarsten Splintschicht. — Dem stehen freilich folgende schwerwiegende ungünstige Momente entgegen. Einmal die Nachtheile des Dörrens an sich, das Entstehen von zahlreichen Rissen, die namentlich das Eindringen von Feuchtigkeit in das Innere des Holzes begünstigen, und überhaupt das äußerst vorübergehende Fernhalten von Wasser in einer so feuchten Umgebung, dann die hygroskopischen Eigenschaften der Kohle selbst — ganz abgesehen von dem Umstande, daß man einen ansehnlichen Theil des Holzkörpers durch das Verkohlen seiner technisch werthvollen Eigenschaften geradezu beraubt.

In der That haben sich schon seit langer Zeit eine Reihe von bedeutenden Autoritäten gegen das Ankohlen des Holzes auf das Allerentschiedenste ausgesprochen, und Nördlinger, der besonders diese „Albernheit“ zu bekämpfen sich bemüht, führt folgenden experimentellen Beleg für seine Ansicht ins Feld. „Bei Gelegenheit des Setzens von etwa 25 Fichtenpfosten, die — im Juli 1858 — zur Begrenzung einer Reitbahn im Freien dienen sollten, wurde zum unvermeidlichen Ankohlen geschritten. Man entblößte die in den Boden geschlagenen Pfosten bis auf einige Tiefe von Erde, legte reichlich Spähne um sie und zündete dieselben an, so daß die Pfosten ziemlich stark aufflammten und verkohlten. Nur 3 Stück ließ der arbeitende Zimmermann auf Veranlassung des Herausgebers (N.'s) im natürlichen unverkohlten Zustand. Im Frühjahr 1863, d. h. nach 5 Jahren, mußten die angegebenen Pfosten, als zum größten Theil abgefault, wieder herausgerissen werden. Bei der Untersuchung derselben wurden alsbald zwei der nicht angekohlten Stücke wiedererkannt, das dritte war nicht herauszufinden. Merkwürdigerweise ergab sich nun aber, daß die beiden wieder aufgefundenen nicht angekohlten Stücke vollkommen gut erhalten waren, während unter der großen Anzahl angekohlter sich nur ein einziger befand, der sich im Zustande der Erhaltung mit ihnen messen konnte, und zwar handgreiflich deshalb, weil er von einem Bodentrumm herrührte, wie die zahlreichen kleinen Astspuren erkennen ließen. So daß also, bei der für die Ankohlung günstigsten Annahme, der dritte nicht angekohlte verloren gegangene Pfosten wäre verfault, wie die angekohlten, von drei nicht angekohlten in Bezug auf ur-

sprüngliche Holzbeschaffenheit von den übrigen nicht zu unterscheidenden Pfosten zwei sich gut erhielten, von den 22 weiteren angekohlten dagegen nur einer.“

Fast ebenso ungünstige Ergebnisse haben Duhamel und G. L. Hartig bei ähnlichen Versuchen erhalten.

Das Resultat dieser Versuche wäre in der That schlagend genug, wenn es nicht einem so eingewurzelten Gebrauch gegenüber wünschenswerth wäre, die gleiche Erfahrung für verschiedene Holzsorten und Bodenarten noch häufiger wiederholt zu sehen. — Keinenfalls wird man es aber über sich nehmen können, nach solchen Erfahrungen der Methode das Wort zu reden, namentlich da wir später Conservirungsarten von großer Einfachheit und unzweifelhaftem Erfolg werden kennen lernen.

Das oberflächliche Verkohlen des Holzes wird übrigens nicht bloß von Bauern und Gärtnern und etwa noch in manchen Fällen, anschließend an eine so verbreitete Gewohnheit, zum Schutz der Telegraphenstangen vorgenommen; es wird vielmehr in Frankreich ganz im Großen zur Conservirung der Schiffsbauhölzer und der Eisenbahnschwellen ausgeübt*), und benützt man daselbst Apparate mit Leuchtgasgebläsevorrichtung, so daß der Proceß äußerst gleichmäßig vorgenommen werden kann. Angesichts dieser Thatsache wird man doch wohl etwas vorsichtig sein müssen in der völligen Verurtheilung der Methode für alle und jede Verhältnisse. Andererseits können wir uns aber auch nicht bewogen finden, auf die nähere Beschreibung der dort verwendeten Apparate einzugehen**).

Die Conservirung des Holzes durch Abschluß von der Luft.

97 **Holzanstriche mit Oelfarben und ähnlichen Stoffen.** Das natürliche oder künstliche Austrocknen des Holzes an sich vermag natürlich in allen den Fällen nur sehr vorübergehend etwas zur Erhaltung desselben beizutragen, in welchen das Holz sich nicht in einer sehr trocknen Umgebung befindet. Wo dagegen das Holz im trocknen Zustande mit einer Umhüllung versehen wird, die der Feuchtigkeit mehr oder weniger vollständig den Zutritt abschneidet, da darf je nach der Vollständigkeit dieses Abschlusses die Umgebung des Holzes schon etwas mehr oder minder Feuchtigkeit enthalten, ohne daß man eine Beschädigung desselben zu befürchten braucht. Selbstverständlich muß aber eine solche Umhüllung geradezu schädlich wirken, wenn das Holz in sich noch einen für den Vollzug von Zersetzungserscheinungen ausreichenden Rest von Feuchtigkeit einschließt. In diesem

*) Vergl. de Lapparent: Allgemeine Bauzeitung 1864, S. 13. Die Kosten des Ankohlens sind im Vergleiche mit den der Imprägnirungsverfahren gering. Vergl. auch Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens 1867, S. 64, und Payen: Wagner's Jahresbericht 14, S. 707. — Von mancher Seite wird auf das Vornehmen einer nur oberflächlichen Verkohlung Gewicht gelegt; vergl. Stamm's illustr. Wochenschr. 1863, S. 141.

**) Es sei nur bemerkt, daß man in neuerer Zeit statt fertigen Leuchtgases sich eines (in Wagner's Jahresber. Bd. 14, S. 707 abgebildeten) Apparates bedient, in welchem das zu verwendende Gas direct aus Steinkohlen erzeugt wird. Hierdurch sind die Kosten des ganzen Verfahrens sammt Arbeitslohn auf 0·15 bis 0·20 Fr. pro Schwelle herabgesunken.

Falle treten anfänglich Verstockung und später tiefer eingreifende Zersetzungsprocesse unvermeidlich ein.

Als eine dieser üblichen Umhüllungsarten können die Holzanstriche aufgefaßt werden, soweit sie überhaupt den Zweck der Conservirung haben, und unter den Anstrichen treten diejenigen mit Oelfarben wieder in den Vordergrund, während z. B. Wasserfarben ihrer Natur nach einen solchen Zweck gar nicht haben können. Das wirksame Princip der Oelfarben ist hierbei das Leinöl, welches durch Oxydation an der Luft eine feste Beschaffenheit annimmt, austrocknet, wie man sich ausdrückt. Die Farbstoffe sind mit dem Leinöle nur innig gemischt und geben demselben eine größere Consistenz und Deckfähigkeit.

Aehnlich wie mit Leinöl bereitete Oelfarben kann auch der Leinölfirniß, welcher durch Kochen des Leinöls unter Zusatz von Bleiglätte oder Mennige bereitet wird, verwendet werden. Auf diese Weise wird eine Flüssigkeit erhalten, welche eine größere Zähigkeit besitzt als das unveränderte Leinöl und weit schneller austrocknet wie dieses. Man denkt sich dabei, daß das Leinöl durch das Kochen bei dem Zusatz der sauerstoffreichen Bleioxyde schon beträchtlich in der Richtung verändert sei, in welcher es sich von selbst an der Luft verändere, und diese Anschauung hat offenbar viel Wahrscheinlichkeit für sich*)**).

In welcher Weise die Anstriche von Leinölfirniß und von mit Leinöl bereiteten Oelfarben zur Conservirung des Holzes wirken, ist leicht einzusehen. Man hat es nach ihrer Austrocknung mit einer zusammenhängenden festen Masse zu thun, welche die kleinen nach außen sich öffnenden Poren des Holzes, und bei sorgfältigem Anstrich auch dessen Ritzen verstopft, dabei durchaus nicht hygroskopisch und so keineswegs im Stande ist, Feuchtigkeit von außen auf das unveränderte Innere des Holzes zu übertragen. Es ist daher einleuchtend, daß, wenn der gegebene Anstrich nicht gar zu dünn ist, wenn keine Risse oder sonst beschädigte Stellen vorhanden sind, der Schutz vor eindringender Feuchtigkeit ein sehr vollkommener sein muß, namentlich, wenn man die grobporigen Hirnflächen besonders dick bestrichen hat.

Ebenso wie Oelfarben und Oelfirnisse werden auch je nach dem gerade vorliegenden Zweck Holz- und Steinkohlentheer als Anstrichmittel für Holz benutzt. Wir werden noch ausführlicher davon zu sprechen haben, warum der Theer ganz besondere conservirende Eigenschaften besitzt, nämlich wenn von den Imprägnirungsverfahren mittelst theerartiger Substanzen die Rede sein wird. Einstweilen wollen wir auf seine Consistenz, sein Trocknungsvermögen und auf seinen Mangel an hygroskopischer Beschaffenheit aufmerksam machen. — Einen auffälligen Nachtheil bietet übrigens der Theeranstrich für manche Verwendungsarten der Hölzer dar, einen Nachtheil, der in seiner dunklen Färbung begründet ist. In Folge derselben erwärmt sich getheertes Holz außerordentlich bei directer Bestrahlung durch die Sonne — von welcher Eigenschaft bei der Spaliercultur in kälteren Gegenden

*) Ueber die Zusammensetzung „unzerstörbarer" Anstriche siehe Förster: Allgem. Bauzeitung 1863, S. 250; 1865, S. 235; Journ. of the Soc. of Arts 1862, 31. Oct.

**) Eine andere Theorie der Wirksamkeit der Bleisuperoxyde bei der Leinölfirnißbereitung findet sich angedeutet in Wagner's chemischer Technologie 1863, S. 518.

Nutzen gezogen wird — und reißt wegen der hierdurch veranlaßten ungleichmäßigen Ausdehnung leicht auf, wodurch natürlich in manchen Fällen der bewirkte Vortheil wieder illusorisch gemacht wird, indem in den Rissen sich Feuchtigkeit ansammelt und darnach leicht Schwämme aus denselben hervorwachsen.

Ferner hat man eine große Anzahl von Compositionen als Anstrichmittel vorgeschlagen, für deren Verwendbarkeit uns die Begründung im Einzelnen erspart bleiben mag. Wir begnügen uns damit, eine Anzahl der bewährtesten Compositionen dieser Art aufzuzählen, welche im Ganzen mehr Widerstandskraft gegen Zerstörung durch die Sonne zeigen sollen, als die einfachen Anstrichmittel. Eine derartige Mischung wird dargestellt, indem man 2 Volumtheile Steinkohlentheer und 1 Volumtheil Holztheer mit etwas Colophonium aufkocht und dann mit 4 Volumtheilen trocknem Aetzkalk zusammenrührt. Andere Mischungen bestehen aus Leinölfirniß, dessen Consistenz man durch Zusatz von Lehm, Asche und Sand erhöht hat; auch werden hierzu Pulver von Cementen und dergleichen benutzt.

Zu anderen sehr gut erhärtenden Anstrichen werden Mischungen von Milch oder frischem Käse mit Cement benutzt, und in Finnland bestreicht man vielfach Holzwerk, das der Witterung trotzen soll, mit einer Mischung von 10 Theilen Roggenmehl mit 30 Theilen Wasser, woraus ein Brei gerührt wird, dem man alsdann 94 Theile einer $4^1/_2$ procentigen Zinkvitriollösung, eine heiße Lösung von 3 Theilen Colophonium und 20 Theile Thran zusetzt. Man sieht, daß auch dieses Mittel, ebenso wie der Theeranstrich, in ein anderes Gebiet, nämlich der Imprägnirung durch fäulnißwidrige Mittel hinüberspielt. Wir werden nämlich den Zinkvitriol bald als einen derartigen Körper kennen lernen.

Gute Holzfirnisse, die aber ihres Preises wegen einer Verwendung im Großen bis dahin nicht fähig sind, erhält man durch Auflösung von harzartigen Stoffen in Schwefelkohlenstoff, Benzin und ähnlichen Lösungsmitteln. So dargestellte Firnisse haben aber freilich mehr Bedeutung für die Conservirung verarbeiteten Werkholzes, als für die gröberer Bauhölzer.

Hier lassen sich weiter anreihen einige Anstriche, die man gegen den Hausschwamm empfohlen hat, obwohl ihre Wirkungsweise großentheils auf andere Gebiete hinüberspielt. Da ist namentlich zu nennen der Sodakalk, der durch seine alkalische Beschaffenheit dem organischen Leben feindlich ist, der Gaskalk (Schwefelcalcium und schwefligsaure Salze enthaltend), der eben wegen des Gehalts an diesen Bestandtheilen den Holzschwamm nicht aufkommen läßt. Mit den genannten Mitteln füllt man auch zweckmäßig die verbleibenden Ritzen, in denen die Schwammbildung leicht beginnt, aus.

Ferner sind noch besondere Compositionen zur Vertilgung des Holzschwamms vorgeschlagen worden, so eines von Kastner, bestehend aus 4 Scheffel Torfasche, 6 Metzen Kochsalz und $^1/_2$ Kg Salmiak, Alles zu einem dicken Breie mit Wasser angerührt. — Doch sind dies natürlich mehr willkürliche Angaben, als Resultate vergleichender Versuche oder wenigstens umfassender Erfahrungen.

98 **Sonstige Umhüllungen der Hölzer.** In dieselbe Classe von Schutzmitteln kann man endlich, wenn man will, die Umhüllung der Hölzer mit Lehm und dergleichen stellen. Wir haben schon mitgetheilt, daß Hölzer in einem gleich-

förmig feuchten Lehmboden weniger dem Verderben ausgesetzt sind, als in einem Sandboden von wechselnder Feuchtigkeit oder gar in einem Kalkboden, welcher noch durch anderweitige specifische Eigenschaften auf die Zerstörung des Holzes hinwirkt. Was ist also einfacher, als daß man Pfosten, welche in derartige ungünstige Bodenarten eingeschlagen werden sollen, mit einer Thonschicht umgiebt. Indessen ist dies natürlich ein Mittel von unvollkommener Wirksamkeit. — In ähnlicher Absicht wendet man Lehmschichten zur Umhüllung von Balkenköpfen an, welche beim Errichten von Gebäuden in Mörtel eingebettet werden. Man vermeidet auf solche Weise die directe Berührung des Holzes mit dem Kalkbrei, welcher auf dieses sehr schädigend einzuwirken vermag. — Harte Hölzer sollen nach einer Angabe dieser Einwirkung mehr ausgesetzt sein, als weiche.

In der bestimmten Absicht, an sich trocknes Holz vor der Feuchtigkeit seiner Umgebung zu schützen, sind auch Umhüllungen des Holzes mit Metallplatten, die natürlich völlig undurchdringlich für Feuchtigkeit sind, vorgeschlagen und angewendet worden. Doch haben hierauf begründete Methoden unseres Wissens in der eigentlichen Bautechnik eine große Ausdehnung nicht gefunden, wenn man auch einmal einen im Boden steckenden Pfahl an der gefährlichsten Stelle, gerade in der Nähe der Erdoberfläche, wo Nässe und Trockenheit am raschesten wechseln, Sauerstoff und inficirende Organismen am leichtesten Zutritt haben, mit Eisenblech oder einer Bleiplatte umgiebt.

Die Bedeutung der Anstriche des Holzes und ähnlicher Umhüllungsarten ist, wie wir voraussehen konnten, für die eigentliche Bautechnik, in der es sich meistens um sehr energischen Widerstand gegen Wind und Wetter handelt, keine sehr hervorragende. Einmal gestattet die Bautechnik in vielen Fällen gar nicht eine so vollkommene Austrocknung des zu verwendenden Holzes, als dies vorausgesetzt werden muß, um alle jene Umhüllungsarten nicht geradezu zu positiv schädlichen Momenten zu machen, und zweitens sind die meisten jener Umhüllungsarten nicht dicht oder dauerhaft genug, um völlig trocknes Holz vor einer feuchten Umgebung vollständig zu schützen. Daher haben die hier aufgezählten Mittel eine weitaus hervorragendere Bedeutung für die Erhaltung kleinerer im Innern von Gebäuden verwendeten Werkhölzer und der aus ihnen gefertigten Geräthe. Solche Hölzer läßt man zweckmäßig vor ihrer Verarbeitung immer völlig austrocknen, und sie pflegen auch nur vorübergehend der Feuchtigkeit ausgesetzt zu sein. Ganz und gar thöricht würde es z. B. sein, Eisenbahnschwellen, Bergwerkgebälke und dergleichen durch Anstrich conserviren zu wollen. Dagegen streicht man allerdings Fensterläden, Gartenmöbel und ähnliche Wind und Wetter ausgesetzte Holzgeräthe mit Oelfarbe an. Allein hierdurch wird der beabsichtigte Zweck nur erreicht, weil man bei solchen kleineren Gegenständen in der Lage ist, den Anstrich häufig wiederholen zu können, indem dieselben sich nicht in dauernd feuchter Umgebung befinden. Auch verfolgt man damit nebenbei Schönheitszwecke. — Der Theeranstrich von Schiffsholz, Planken u. s. w. ist dagegen aus einem andern Grunde zweckmäßig, nämlich weil der Theer gleichzeitig durch Imprägnirung seiner fäulnißwidrigen Bestandtheile das Holz vor Fäulniß schützt.

Weiter hat man bei der Beurtheilung der Umhüllungsmittel zur Conservirung des Holzes darauf zu achten, daß die meisten von ihnen der Zerstörung durch

kleine thierische Organismen nicht im mindesten entgegenwirken, es sei denn, daß die durch jene Mittel bewahrte große Trockenheit des Holzes ein Befallen desselben auch von diesen Geschöpfen verhindert. Natürlich gilt diese Bemerkung aber nicht oder nicht in dem Maße von Anstrichen, die gleichzeitig imprägnirend wirken.

Schließlich möchte ich noch hier mit zwei Worten der, wie mir scheint, unrichtigen Anschauung begegnen, als wirkten die Anstriche gleichzeitig durch Abhaltung des Sauerstoffs conservirend. Diese Anschauung ist deshalb unbegründet, weil der Sauerstoff bei Abschluß der Feuchtigkeit das Holz nicht merklich zu zerstören vermag, wohl aber umgekehrt Feuchtigkeit bei Abschluß von jenem, wenn auch Holz, tief in Wasser versenkt (aus ganz anderen Gründen) nicht fault. Dann dürften auch die meisten Umhüllungsmittel für die Abhaltung aller Gasdiffusion nicht dicht genug sein.

99 **Schutz vor Verderben durch Anbringen von Isolirschichten.** Als Anhang zu dem eben behandelten Capitel von Conservirungsmethoden muß auch noch kurz von den sogenannten „Isolirschichten" die Rede sein. Wir haben gesehen, daß die Methoden des Anstrichs und der sonstigen Holzumhüllungen weniger den Zweck haben, die Luft überhaupt, als vielmehr die Luftfeuchtigkeit von dem Innern des Holzes abzuhalten, und insofern reiht sich denselben in einem gewissen Sinne die Methode an, von der wir einige kurze Worte sagen wollen. Gebäude, welche auf Erdreich von feuchter Lage oder von großer wasserhaltender Kraft, z. B. unmittelbar neben lehmigen oder moorigen Aeckern errichtet sind, ziehen bekanntlich von unten her durch die capillaren Hohlräume des Mauer- und des Balkenwerkes leicht Feuchtigkeit an, und das Gebälke neigt natürlich unter diesen Umständen zu allerlei Fäulnißerscheinungen, ganz besonders aber zur Bildung von Schwamm.

Ein einfaches vielfach gegen diesen Uebelstand angewandtes Mittel, dessen Sinn überdies klar zu Tage liegt, ist es, zwischen der betreffenden Mauer und dem feuchten Grunde oder der Umgebung eine Schicht einer Substanz einzufügen, die jene Capillareigenschaften wegen des Mangels an dazu geeigneten Hohlräumen oder auch wegen mangelnder Capillaranziehung zum Wasser nicht besitzt. Asphalt- oder Cementschichten sind die gewöhnlich angewendeten Mittel. Auch werden wohl zu diesem Zwecke Bleiplatten eingeschaltet.

Auch Substanzen, welche wegen zu großer Lockerheit, also wegen hervorragender Größe ihrer Binnenräume zur capillaren Aufsaugung wenig geeignet sind, werden in ähnlicher Absicht verwendet. So bringt man wohl eine Schicht von lockerem Bauschutt zwischen einem Balkenlager und einem feuchten Untergrunde an. — Indessen sind dies lauter Gegenstände, die eben nur der Andeutung bedürfen.

Daß dann selbst Durchlüftung unter Umständen als Conservirungsmittel wirkt, obgleich man die Anwesenheit der atmosphärischen Luft häufig gerade als einen Factor der Zersetzungserscheinungen ansieht, ist nach dem Gesagten ebenfalls leicht verständlich. Die Herstellung einer Strömung von relativ trockner Luft durch ein feuchtes Balkenwerk ist gleichbedeutend mit der Bewirkung einer langsamen Austrocknung, und man braucht daher, um die günstige Wirkungsweise von Zuglöchern in diesem Falle zu verstehen, nicht zu der künstlichen Hypothese seine Zuflucht zu

nehmen, daß durch die rasche Bewegung der Luftmoleküle deren Mitwirkung bei der Fäulniß verhindert werde*). Freilich scheint auch die analoge Erfahrung beim Schimmeln zu einer solchen Anschauung hinzudrängen.

Die Conservirung des Holzes durch Entfernung des Zellsaftes.

Wir haben aus der hinter uns liegenden Darstellung zur Genüge ersehen, 100
daß die Mittel der Austrocknung und des Abschlusses des Holzes von der feuchten Umgebung durch Anstriche oder Umhüllung gerade für die Fälle, wo die Zersetzungsfactoren am heftigsten auf das Holz eindringen, naturgemäß nur eine mangelhafte Conservirung für dasselbe gewähren können. Radicaler ist jedenfalls die dritte Methode, deren wir Eingangs dieses Abschnitts erwähnten, die Unfähigmachung des Substrates des Holzes selbst für alle Zersetzungserscheinungen durch Entfernung oder Unschädlichmachung der Proteïnkörper, die ja als Träger aller dieser Vorgänge aufgefaßt werden können, und nach deren Entfernung als solcher auch das Holz nicht mehr eine begehrenswerthe Nahrung für Kerfe und dergleichen Thiere darstellen kann.

Die Unschädlichmachung der Proteïnstoffe kann nun auf zweierlei Weisen geschehen, und auf beide sind in der That in der Technik Methoden begründet worden. Die eine Art ist die möglichste Entfernung der löslichen Proteïnstoffe sowie der übrigen löslichen Inhaltskörper des Holzgewebes, die andere die Ueberführung jener in eine gänzlich unlösliche oder wenigstens unthätige Modification, in welcher Form sie weder niederen Organismen zur Nahrung dienen, noch sonst zu einem Fäulnißerreger umgebildet werden können.

Dem erstern Modus entsprechen, außer dem schon erwähnten zufällig in diesem Sinne wirkenden Flößen, die diesem nahestehende Methode des längern Liegenlassens des Holzes unter Wasser und der hierbei stattfindenden Auslaugung, ferner die Methode des Dämpfens, welche sich ebenfalls einer erheblichen praktischen Uebung erfreut.

Das Laugen des Holzes. Diese Methode kommt, wie wir kaum aus- 101
einanderzusetzen brauchen, dem Effect nach mit dem des Flößens überein. Die löslichen Inhaltsstoffe namentlich des Splintes werden bis zu einem gewissen, analytisch zwar kaum nachweisbaren, aber doch von Erfolg für die Haltbarkeit begleiteten Grade ausgelaugt**). Dabei werden noch einige Vorsichtsmaßregeln als wichtig zu beobachten angerathen. Das gefällte Holz soll bald nach dem Fällen in Wasser (womöglich fließendes) eingelegt werden, da sonst der Zellsaft durch theilweise Austrocknung unlöslich wird. Am besten schlägt man Ende Winter, legt Anfangs Frühling in Wasser ein und läßt das Holz den Sommer über im Wasser, um es im Herbst herauszuholen und abtrocknen zu lassen. Für schwere Hölzer wiederholt

---

*) Vergl. A. Scheden: Rat. prakt. Anleitung zur Conservirung des Holzes 1860, S. 39.

**) Vergl. im Uebrigen S. 106 u. f. dieses Abschnitts.

man auch wohl die Manipulation im nächsten Jahre, da für diese die Auslaugung langsamer erfolgt. Die Angabe, daß man das ins fließende Wasser eingelegte Holz mit dem obern Stammende stromabwärts legen solle, entbehrt wohl einer tiefern Begründung.

Da, wie man aus dieser Darstellung ersieht, der Vorgang, soll er einen bemerkbaren Effect haben, ziemlich lange Zeit in Anspruch nimmt, so spielt er, absichtlich eingeleitet, in der Technik der Holzzubereitung nur eine sehr untergeordnete Rolle, so gern man den Vortheil desselben gelegentlich mitnimmt, da, wo er sich, wie beim geflößten Holz, von selber bietet. Auch ist im besten Falle das Resultat durchaus kein vollkommenes, aber das Holz ist durch das Auslaugen für weitere Conservirungsmethoden vortrefflich vorbereitet.

Zu erwähnen ist noch, daß nach einigen Angaben das gelaugte Holz schneller austrocknet als frisch gefälltes, ebenso feuchtes, wie es auch nach einer früher gemachten Mittheilung andere Schwindungsverhältnisse zeigt.

102 **Das Dämpfen des Holzes.** Man beabsichtigt durch das Dämpfen des Holzes dasselbe rascher zu erreichen, was durch das Laugen nur langsam zu erlangen ist. Das ursprüngliche Princip des Dämpfens ist, den Zellsaft aus dem Holze durch gespannten Dampf zu verdrängen; wir werden indessen bald sehen, wie dasselbe in Wahrheit in ganz anderer Weise wirkt. Man bedient sich bei dieser Methode geschlossener Gefäße — natürlich vorzugsweise fester Eisenconstructionen —, in welche die betreffenden Holzstücke eingebracht werden, um dann überhitzte Wasserdämpfe eintreten zu lassen. Zuerst wird die Luft aus dem Apparate und den Holzporen verdrängt und durch einen Hahn entweichen gelassen, bis der gespannte Dampf sämmtliche Hohlräume erfüllt. Wenn derselbe einen erheblichen Ueberdruck besitzt, so treibt er nach der gewöhnlichen Vorstellung halb durch Druck, halb durch Verflüchtigung des Wassers den Zellsaft aus dem Holze aus. In dem Apparate sammelt sich in der That am Boden eine trübe Flüssigkeit (die ebenfalls durch einen Hahn abgelassen werden kann), in welcher sich Auswaschungsproducte des Holzes, namentlich auch Gerbstoffe vorfinden.

Zur Kritik dieser Methode soll vor Allem bemerkt werden, daß schon der Theorie nach die Leistung eine sehr unvollkommene sein muß. An ein Auspressen des Zellsaftes durch den unter hohem Druck stehenden Dampf kann natürlich nur gedacht werden, so lange gewisse Zellschichten mit dem überhitzten Wasserdampf erfüllt sind, während auf benachbarte noch mit Zellsaft erfüllte die erhöhte Temperatur noch nicht eingewirkt hat. Sobald sich die Spannung ausgeglichen hat, und kein Ueberdruck nach einer Richtung mehr vorhanden ist, wird nur ein Abdestilliren der Zellflüssigkeit mit Zurücklassung der nicht flüchtigen Inhaltssubstanzen des Holzgewebes stattfinden. Außerdem stehen dem erfolgreichen Auspressen und ebenso dem Auswaschen, welches letztere wenigstens eine Zeitlang oberflächlich (durch sich fortdauernd auf dem Holze niederschlagende Wasserdämpfe) stattfindet, die äußerst geringen osmotischen Fähigkeiten der Eiweißkörper, um deren Entfernung es sich in erster Linie handelt, entgegen.

Aber noch mehr. Man hat beobachtet, indem man leichtflüssige Metallgemische durch nachträglich gut verstopfte Bohrlöcher in verschiedene Tiefen des zu

dämpfenden Holzes brachte, und sich so gewissermaßen Maximalthermometer herstellte, daß die Wärme wegen der schlechten Leitung des Holzes für Wärme und wegen seiner unvollkommenen Durchlässigkeit für Wasserdämpfe nur äußerst langsam in das Innere des Holzkörpers eindringt, so daß bei irgendwie dickern Balkenstücken in der Zeit, durch welche man die Einwirkung überhaupt, ohne eine allzugroße und schädliche Erweichung des Holzes befürchten zu müssen, stattfinden lassen kann, gar nicht an eine vollständige Durchdringung von den Dämpfen gedacht werden darf. — Man wird demgemäß von der gewöhnlichen Methode des Dämpfens kaum mehr erwarten können, als eine sehr oberflächliche Auswaschung der betreffenden Holzstücke, wozu dann allerdings die nicht unwichtige Nebenwirkung der Coagulirung des löslichen Eiweißes kommt, wodurch dasselbe voraussichtlich eine Zeitlang den Fäulnißprocessen weniger zugänglich ist. Zugleich muß man berücksichtigen, daß beide Processe bei ungespaltenen Balken mit größter Intensität sich an den Splintschichten vollziehen, die gerade einer solchen Behandlung wegen ihres Reichthums an Inhaltskörpern am bedürftigsten sind.

Sehr wohl in Uebereinstimmung mit einer derartigen Kritik der Methode ist die Thatsache, daß an vielen Orten das Dämpfen des Holzes nicht in dicht verschließbaren Gefäßen, sondern in Kästen aus starken Bohlen von sehr unvollkommener Dichtigkeit, also nicht unter erhöhtem Dampfdrucke mit ungefähr demselben Effecte vorgenommen wird, wie in Apparaten, wie sie die Theorie voraussetzt. Die mangelnde Intensität der Dampfeinwirkung wird dabei durch eine längere Dauer des Vorgangs ersetzt. Man rechnet in diesem Falle 60 Stunden bis zur Vollendung der Auslaugung.

Ferner sind damit durchaus in Uebereinstimmung die Erfahrungen, welche man über die Erfolge der Methode gemacht hat. Dieselben sind sehr mäßig gute, und das Dämpfen wird aus diesem Grunde nach Baumeister bei Eisenbahnhölzern (für die ja alle Conservirungsmittel in erster Linie Bedeutung haben) nur noch angewendet, wo man die betreffenden Apparate nicht besonders zu diesem Zwecke herzustellen braucht, wo sie von anderen Betriebsarten her bereits zur Verfügung stehen, woraus am besten die geringe Bedeutung der Methode für Conservirungszwecke hervorgeht.

In Verbindung mit der Imprägnirung von fäulnißwidrigen Stoffen werden wir dagegen später Methoden des Dämpfens von etwas größerer Bedeutung und entsprechend weitergehender Verbreitung antreffen.

Im Uebrigen scheint durch das Dämpfen nicht erheblich mehr geleistet werden zu können, als durch bloßes Auskochen des Holzes, obgleich auf dieses letztere niemals ein ausgedehnteres Conservirungsverfahren begründet worden ist*). Eine Ausnahme hiervon macht nur das Dämpfen mit Wasserdampf von sehr hoher Temperatur (150° C.) und in sehr gut schließenden Gefäßen. In diesem Falle hat man es im Anfange mit einem Auswaschen und Auspressen des Zellsaftes, später aber auch mit einer wahren Austrocknung des Holzes zu thun, und es sind in der That Trockenverfahren**), wenn auch von geringer Verbreitung, auf

*) Vergl. Gottgetreu: A. a. O. S. 312.

**) Ebendas. S. 311.

dieses Princip gegründet worden. Die Festigkeit des Holzes scheint nämlich durch starkes Dämpfen beeinträchtigt zu werden, ebenso dessen Elasticität, und es ist z. B. aus diesem letztern Grunde gedämpftes Holz für die Fabrikation musikalischer Instrumente unbrauchbar *). Auf welche Weise diese Veränderungen bewirkt werden, ist noch nicht genügend aufgeklärt. Das Holz verliert durch das Dämpfen im Allgemeinen 5 bis 10 Proc. an Gewicht.

103 **Verdrängen des Saftes durch hydrostatischen Druck.** Auch hiervon muß anhangsweise die Rede sein, obgleich kein System des Conservirens bekannt ist, das lediglich aus dieser Methode bestände. Allein die Thatsache, daß es möglich ist, mit besserm Erfolge den Holzsaft unter hydrostatischem Drucke auszupressen und durch eine beliebige andere leicht diffusible Flüssigkeit zu ersetzen, als dies durch Laugen und Dämpfen geschieht, lehrt, daß auch Conservirungsmethoden möglich wären, welche auf einem hydrostatischen Verdrängen des Zellsaftes durch bloßes Wasser beruhten, wenn auch vielleicht solche Methoden neben den vorzüglichen Imprägnirungsmethoden sich kaum zu halten vermöchten. Wir werden später**) eingehender zu betrachten haben, wie nach dem Boucherie'schen und einigen hiervon abgeleiteten Imprägnirungsverfahren es möglich ist, durch einen noch mit seiner Rinde bekleideten Stamm von der einen bloßgelegten Hirnfläche aus unter hydrostatischem Drucke Imprägnirungsflüssigkeiten bis zum Austritt aus der entgegengesetzten Hirnfläche hindurch zu pressen, wobei der Saft des Holzes vor diesen Flüssigkeiten hergetrieben und sehr vollständig durch die andere Hirnfläche entfernt wird.

Es genügt an diesem Orte, auf die Möglichkeit eines hierauf auch ohne Imprägnirung zu begründenden Conservirungsverfahrens aufmerksam zu machen, ohne daß wir natürlich schon hier näher auf die ja nur in Verbindung mit Imprägnirung von fäulnißwidrigen Flüssigkeiten üblichen Methoden der Saftverdrängung einzugehen beabsichtigen.

104 **Verdrängen des Safts durch Comprimiren des Holzes.** Wenn man frisches, saftreiches Holz einem starken Drucke aussetzt, etwa zwischen eisernen Walzen hindurchzieht, so kann ein Theil des Holzsaftes ausgepreßt werden. Außerdem wird freilich das Holz durch ein solches Verfahren noch in mehrerlei Richtung verändert. Dasselbe wird compacter, weniger porös u. s. w., und wenn so behandeltes Holz auch eine längere Dauerhaftigkeit zeigt, so muß dies ebensowohl dem Abschluß der Fäulnißfactoren durch die größere Dichtigkeit, als der Entfernung des Zellsaftes zugeschrieben werden.

Eine ausgedehntere Bedeutung für die eigentliche Bautechnik haben bis jetzt derartig behandelte Hölzer nicht, und es kann daher der Gegenstand mit dieser Erwähnung als für unsern Zweck abgethan angesehen werden.

---

*) So wenigstens nach Dingler: Polytechn. Journ. 124, S. 465. Andere Behauptungen weichen hiervon ab.

**) Siehe unten S. 137 u. f.

Die Conservirung des Holzes durch Imprägniren.

Die Stoffe, welche zur Imprägnirung des Holzes Verwendung finden, sind entweder Salze der schweren Metalle oder Theeröle. Andere Substanzen haben für das in Rede stehende Verfahren wenigstens nur eine ganz untergeordnete Bedeutung. So verdient zwar Erwähnung, daß mit Kochsalzlösung getränktes Holz eine größere Widerstandskraft gegen Fäulnißprocesse besitzt als natürliches Holz; allein der Erfolg ist mangelhaft und setzt eine so lange Berührung des Holzes mit Kochsalzlösung voraus, daß das Verfahren nur da Vortheil bietet, wo Salzlaugen kostenlos zur Verfügung stehen. Man hat Gebälke von Gradirwerken mit einigem Erfolge zu Zwecken verwendet, wo dasselbe für die Haltbarkeit ungünstigen Witterungsverhältnissen ausgesetzt war. Eine weitere Bedeutung hat jedoch die Methode nicht, namentlich schon deshalb, weil das Salz in hohem Grade der Auswaschung unterliegt. 105

Daß gerade die Salze der schweren Metalle sich so vorzüglich zur Conservirung des Holzes eignen, scheint chemisch unschwer zu verstehen, da sie es vorzüglich sind, welche unlösliche Verbindungen mit Proteïnstoffen bilden, ohne auf das Holzgewebe selbst schädliche Einflüsse auszuüben. Daß auf der andern Seite freie Säuren und Basen unter den Conservirungsmitteln nicht angetroffen werden, versteht sich nach der Einwirkung derselben in diesem letztern Sinne von selbst. Diese üben theils, wie wir früher gesehen haben, directe chemisch zersetzende Wirkungen auf die Cellulose oder die incrustirenden Substanzen aus, theils befördern sie, wie die Alkalien und alkalischen Erden, die nicht fermentartigen Zersetzungen des Holzgewebes, z. B. den Humificirungsproceß. Um eine Vorstellung von der besondern Befähigung der Salze der schweren Metalle, mit den Proteïnstoffen unlösliche Verbindungen einzugehen, zu bekommen, braucht man nur in einem Handbuch der Chemie die charakteristischen Reactionen für diese aufzusuchen, und man wird immer unter den angeführten Niederschlägen die mit den Salzen der schweren Metalle die erste Stelle einnehmen sehen. Kupfer-, namentlich aber Silber-, Quecksilber- und Bleisalze sind für Fällung der Proteïnstoffe die gebräuchlichsten Reagentien. Man konnte also schließen, daß diese Metallsalze auch als Imprägnirungsmittel durch Unlöslichmachung der Proteïnsubstanzen wirksam sind, und man hat in der That vielfach keinen Anstand genommen, das gesammte Imprägnirungsverfahren als wesentlich auf einer derartigen Wirkung beruhend zu bezeichnen, wenn es auch in einigen Fällen nichts weniger als ausgemacht ist, daß eine analoge Erklärung gegeben werden kann. Wir werden bei jedem einzelnen Imprägnirungsmittel, wo dieser Gesichtspunkt nicht geltend gemacht werden kann, besonders davon Rechenschaft geben.

Imprägnirung mit Eisensalzen. Das einzige Eisensalz, was als Imprägnirungsmittel für Holz in größerem Maßstab Verwendung gefunden hat, ist das schwefelsaure Eisenoxydul, der Eisenvitriol. Es wird erzählt, daß man auf dieses Imprägnirungsmittel in ähnlicher Weise aufmerksam geworden 106

sei, wie auf die gleiche Eigenschaft des gewöhnlichen Kochsalzes. In manchen Eisenbergwerken, wo dieses Salz aus Schwefelkiesen durch Berührung mit Luft und Wasser leicht in großen Mengen Entstehung nimmt, will man die lange Dauer des zufällig mit diesem Salze imprägnirten Balkenwerkes*) zuerst bemerkt haben. Man hat alsdann versucht, auf diese Erfahrung eine Methode zu gründen, indem man die Imprägnirung künstlich durch Einlegen von Hölzern in die meistens etwas erwärmte Lauge vornahm.

Der Eisenvitriol gehört wie das Kochsalz nicht unter diejenigen Salze, welche sich durch Bildung unlöslicher Verbindungen mit den Proteïnstoffen auszeichnen. Auch sind beide in verdünnten Lösungen kaum von irgend giftiger Wirkung auf niedrige Organismen. In Uebereinstimmung hiermit ist auch die Bedeutung des Eisenvitriols als Conservirungsmittel äußerst gering**), und es hat sich die Imprägnirung mittelst desselben, wo sie künstlich besonders zu diesem Zwecke vorgenommen werden mußte, kaum je als lohnend erwiesen***). Auch ist die Abspaltung von freier Säure, wie sie in Folge der Fixirung von Eisenoxyd auf der Holzfaser stattzufinden scheint, zweifellos als ein Nachtheil dieses Conservirungsmittels anzusehen; und man hat wohl diesem Umstande manche der ungünstigen Erfahrungen mit demselben zuzuschreiben†). Gute Erfolge hat man indessen von der gleichmäßigen Imprägnirung mit Eisenvitriol und Leinöl gehabt††), doch werden wir später, wo wir anhangsweise von der conservirenden Kraft von Fettimprägnirungen zu sprechen haben, erkennen, daß diese Erfolge dem Leinöle allein schon zukommen.

Neben dem Eisenvitriol wurde unter den Eisensalzen nur noch das sogenannte holzessigsaure Eisenoxydul, welches sonst als Beizmittel für Zeuge eine ausgedehnte Verwendung findet, als Conservirungsmittel versucht. Da dieses Salz dargestellt wird durch Auflösen von möglichst verrosteten Eisendrehspähnen in heißem Holzessig, welcher letztere bei der trocknen Destillation des Holzes entsteht und reich ist an empyreumatischen Producten, so gehört dieses Conservirungsmittel ebensowohl zu den theerartigen Imprägnirungsstoffen, als zu den Metallsalzen, und seine etwaige Wirksamkeit muß mit Berücksichtigung dieser doppelten Natur erklärt werden.

Seiner Zeit ist Schultz†††) mit großer Wärme für das holzessigsaure

*) An diese natürliche Imprägnirung schließt sich auch die ursprünglich von Strützki vorgeschlagene, später von Apelt empfohlene Methode der „Vererzung" des Holzes an. Vergl. über dieselbe z. B. Wagner: Hand- u. Lehrbuch d. Technologie, Bd. 4, 1862, S. 28. Dieselbe hat keine weitergehende Verbreitung gewonnen.

**) Ich erinnere an das Schimmeln der Dinte, welche durch Zusatz von Theerölen haltbar gemacht werden kann.

***) Auch vor der Schiffsbohrmuschel schützt das Imprägniren mit Eisenvitriol nach Erfahrungen in französischen Häfen nicht. Vergl. Nördlinger: Kritische Blätter 2c. 1864, I, S. 67.

†) Siehe auch die Bemerkungen Kuhlmann's: Jahresber. d. chem. Technologie 1859, S. 243.

††) Vergl. Versuche von Bréant, mitgetheilt bei Schulz: Neues 2c. Verfahren, das Holz zu conserviren, 1844, S. 14.

†††) Ebendas. S. 24 u. f.

Eisen als Imprägnirungsmittel des Holzes eingetreten, und derselbe begründete zunächst seine Empfehlung auf eine Reihe vergleichender Conservirungsversuche, die an sehr leicht zersetzbaren organischen Stoffen verschiedener Art mit Quecksilbersublimat, arseniger Säure, Eisenvitriol, Kupfervitriol und dem holzessigsauren Eisen angestellt wurden, und welche sehr günstige Resultate für die conservirende Kraft des letztgenannten Salzes ergaben. Nächst dem Quecksilbersublimat, welches schon in den geringsten Mengen vielleicht die größte conservirende Fähigkeit überhaupt zeigt, erwies sich die holzessigsaure Eisenflüssigkeit als am energischsten die Zersetzung der organischen Substanzen verzögernd, und es gilt dieses Resultat speciell auch für die Erhaltung des Holzes.

Trotz dieser wahrhaft glänzenden Resultate der Versuche im Kleinen, und trotzdem, daß auch vereinzelte günstige Erfahrungen für die Anwendung des holzessigsauren Eisens als Imprägnirungsmittel des Holzes im Großen vorliegen (so z. B. eine von Nördlinger), hat doch das vorgeschlagene Mittel keine allgemeinere Verbreitung gefunden. Dies hat wohl seinen einfachen Grund darin, daß die holzessigsaure Eisenflüssigkeit nicht anders auf die Hölzer einwirkt, als dies die theerartigen Producte der trocknen Destillation des Holzes überhaupt und die Holzessigsäure selbst thun, und daß also das Eisen eine unnöthige Zuthat ist*).

Es mag im Anschluß hieran zugleich bemerkt werden, daß nach Schultz dem holzessigsauren Kalke ganz ähnliche conservirende Wirkungen zukommen, wie dem Eisensalze, eine Thatsache, welche nach dem Gesagten selbstverständlich erscheint, indeß ebenfalls nicht für die Methoden der Holzconservirung praktisch verwerthet worden ist.

Neben dem holzessigsauren Eisen wird dann von Schultz besonders eine Mischung dieser Flüssigkeit mit Kochsalz als Imprägnirungsmittel empfohlen**), namentlich, wo es sich darum handelt, Holz gleichzeitig feucht und durch Feuchtigkeit geschmeidig und trotzdem frei von Zersetzungsprocessen zu erhalten. Für Faßreife, die geschmeidig bleiben sollen, in dumpfen Kellern aber der Fäulniß stark unterliegen, soll eine derartige Imprägnirung, die bei so schmalen Holzstreifen durch bloßes Einlegen in die Flüssigkeit geschehen kann, ausgezeichnete Erfolge haben. Für derartige Zwecke dürfte überhaupt das holzessigsaure Eisen als Imprägnirungsmittel alle Beachtung verdienen.

Von den mechanischen Methoden, welche man zur Imprägnirung großer Holzstücke mittelst holzessigsaurer Eisenflüssigkeit angewandt hat, wird zweckmäßiger an einem andern Orte die Rede sein, nämlich bei der Behandlung von Imprägnirungssubstanzen, die wirklich eine ausgedehnte praktische Bedeutung erlangt haben.

Was die conservirende Kraft der Holzessigsäure an sich betrifft, so mag an diesem Orte noch daran erinnert werden, daß der Balsam der Alten, der zum Einbalsamiren der Leichen mit dem größten Erfolge benutzt wurde, durch Schwelen gewisser Hölzer dargestellt wurde, daß derselbe also offenbar ein unserem Holzessig ähnliches empyreumatisches Product darstellte. — Uebrigens werden wir später

*) Der rohe Holzessig enthält 1 bis 2 Procente Kreosot.

**) A. a. O. S. 30.

bei Behandlung der Conservirung durch Theeröle und dergleichen Stoffe auf diesen Gegenstand zurückkommen.

107 **Imprägnirung mit Zinksalzen.** Die Zinksalze, obwohl auch nicht gerade ausgezeichnet durch ihre Fähigkeit, unlösliche Verbindungen mit den Proteïnstoffen zu bilden, haben als Conservirungsmittel des Holzes eine hervorragende Bedeutung. In Bezug auf sie läßt uns also entschieden die obenerwähnte Theorie im Stiche. — Die Zinksalze sind dagegen bekannt durch ihre Giftigkeit, namentlich thierischen Organismen gegenüber. Worauf diese giftigen Wirkungen zurückgeführt werden müssen, wissen wir nicht; jedenfalls stehen sie aber wohl in Zusammenhang mit den Veränderungen, durch welche das Holz nach Behandlung mit Zinksalzen eine so viel größere Dauerhaftigkeit erhält.

Von den Zinksalzen besitzt eigentlich allein das Chlorzink oder Zinkchlorid eine ausgedehntere Bedeutung als Conservirungsmittel des Holzes. Allerdings hat man auch für das schwefelsaure Zinkoxyd conservirende Eigenschaften nachgewiesen und daher dieses Salz zur Imprägnirung des Holzes vorgeschlagen. Allein eine erhebliche Ausdehnung hat eine hierauf begründete Methode nicht gewonnen, sei es, weil das schwefelsaure Zink etwas höher im Preise steht, sei es, weil man die Eigenschaft, welche das Zinkchlorid (wie die meisten anderen Chloride) dem Holze ertheilt, nicht völlig auszutrocknen, und deshalb geschmeidiger zu bleiben, ohne deshalb zu Fäulnißprocessen geneigter zu sein, hoch schätzt.

Auch das holzessigsaure Zink hat man mit Wärme als Holzimprägnirungsmittel anempfohlen*) und sogar dem holzessigsauren Eisen vorgezogen; allein auch dieses holzessigsaure Salz hat keine weitergehendere Bedeutung für die Technik der Imprägnirungsmethoden gewonnen als die übrigen holzessigsauren Salze, scheint's, weil die empyreumatischen Substanzen für sich allein dasselbe wohlfeiler zu leisten vermögen.

Das Zinkchlorid hat vorzügliche fäulnißwidrige Eigenschaften, so daß es auch vielfach zur Erhaltung anatomischer Präparate und dergleichen verwendet wird. Die Imprägnirung des Holzes mit diesem Salze geschieht auf mehrere sehr verschiedene Weisen, und je nach der Art der Applicirung kommen den praktischen Verfahren noch äußerst verschiedene Werthe zu.

Das Holz lediglich in die kalte Lösung von Zinkchlorid zu legen, hat überall für die Conservirung desselben geradezu schlechte Erfolge gehabt. Das Salz tritt, wahrscheinlich weil es im Holze keine unlöslichen Verbindungen einzugehen fähig ist, nur in sehr schwachem Grade in dasselbe ein; die Lösung bleibt in ihrem Gehalte nahezu unverändert. Es ist unter diesen Umständen begreiflich, daß man keine guten Erfahrungen mit einer solchen Methode gemacht hat.

108 **Verfahren von Büttner und Möring.** Um die in der Kälte so schwache Einwirkung von Zinkchlorid auf Holz zu steigern, haben Büttner und Möring in Dresden das Verfahren dahin modificirt, daß die Hölzer in die

*) Scheden: Rationell praktische Anleitung zur Conservirung des Holzes 1860, S. 56.

kalte Zinklösung eingetragen werden, welche alsdann durch Einleiten von Dampf zur Siedhitze gebracht wird. Nachdem diese eingetreten ist, wird die Flüssigkeit durch fortgesetztes Einleiten von Dampf eine Stunde oder länger in der Hitze erhalten, alsdann die coagulirten Safttheile als Schaum oben abgeschöpft und der Dampf abgestellt. Hat die Flüssigkeit durch Abkühlung etwa die Temperatur von 50° C. erreicht, so wird sie vom Holze abgepumpt, dieses ausgetragen und abtrocknen gelassen*).

Allein auch nach dieser Methode ist die Aufnahme von Zinkchlorid in das Holz nur sehr unbedeutend. Man hat dieselbe zu 3 Kg für den Cubikmeter Holz geschätzt. In Uebereinstimmung damit sind auch die praktischen Folgen der Methode sehr wenig glänzend**), obwohl dieselbe nebenbei auch noch die Vortheile des Dämpfens (namentlich der Coagulirung von Eiweißkörpern) bieten muß. Wenigstens hat sich die Versammlung von Eisenbahntechnikern in Dresden, die daselbst im Jahre 1865 tagte, dahin ausgesprochen, daß die vielen ungünstigen Erfahrungen, die man bei der Imprägnirung von Hölzern mit Zinkchlorid gemacht habe, sich alle auf das einfache Einlaugen in kalter und heißer Lösung bezögen, während das Urtheil derselben Versammlung über eine dritte, gleich zu besprechende Methode mit Zinkchlorid äußerst günstig lautete. Auch hat man speciell für Schwellenhölzer im Großherzogthume Baden mit der heißen Laugmethode für Zinkchlorid so schlechte Erfahrungen gemacht, daß man nach kurzer Zeit zum Imprägniren mit Quecksilbersublimat zurückkehrte.

Das Burnett'sche Imprägnirungssystem. Nachdem Burnett sich im Jahre 1838 die eben beschriebene wenig empfehlenswerthe Imprägnirungsmethode des einfachen Einlaugens in Zinkchloridlösungen hatte patentiren lassen, ging er sehr bald zu einer wichtigen Modification seines Verfahrens über, die in der Anwendung von Hochdruck bestand, und begründete so ein sehr weit verbreitetes und erfolgreiches Imprägnirungssystem, das noch heute unter seinem Namen bekannt ist. 109

Das Burnett'sche System ist ein pneumatisches System, welches letztere auch für andere Imprägnirungsflüssigkeiten als für Chlorzinklösung Anwendung gefunden hat, und daher hier zuerst eine allgemeine Schilderung finden mag. Das Princip des pneumatischen Systems, das einer Erfindung des Franzosen Bréant sein Dasein verdankt, und welches alsdann von Payen praktisch gemacht wurde, besteht darin, Hölzer in verschlossene metallene Gefäße zu bringen, mittelst einer Luftpumpe die Gefäße und die Hohlräume der in ihnen aufgeschichteten Hölzer

*) Von Manchen wird bei diesen und ähnlichen Verfahrungsarten ein besonderes Gewicht darauf gelegt, daß die Hölzer auch nachher in der Imprägnirungsflüssigkeit völlig erkalten, resp. nach dem Erhitzen in heißer Lauge in kalte geworfen und dort längere Zeit untergetaucht erhalten werden, damit beim Zusammenziehen der ausgedehnten Luft in den Hohlräumen des Holzes Flüssigkeit eingesogen werde. Bei der geringen Bedeutung des Erhitzens unter gewöhnlichem Druck für die Imprägnirungsmethoden überhaupt hat es keinen Sinn, diese an sich berechtigte Modification einer nähern Besprechung zu unterziehen.

**) Vergl. indessen den Bericht der Altona-Kieler Eisenbahndirection: Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, III. Suplementband, 1869, S. 52.

von Luft möglichst zu befreien und alsdann unter hohem Druck die Imprägnirungsflüssigkeit einströmen zu lassen, die unter diesen Umständen natürlich alle Hohlräume des Holzes erfüllt und so eine vollständigere Durchdringung bewirkt, als auf irgend einem andern Wege erreicht werden kann.

Speciell für das Burnett'sche System, bei dessen Darstellung wir der unter der Literatur verzeichneten sehr ausführlichen Baumeister'schen Schrift folgen, gestaltet sich die ganze Manipulation in folgender Weise:

Das Zinkchlorid, dessen Darstellung aus Zinkspähnen und Salzsäure häufig von den Imprägnirungsanstalten selber vorgenommen zu werden pflegt, wird zunächst mit Wasser in kalibrirten Gefäßen oder unter Controle des Aräometers auf die richtige Verdünnung gebracht. Als solche wurden ursprünglich 59 Theile Wasser auf 1 Theil concentrirter, etwa 25 procentiger Zinkchloridflüssigkeit angegeben; dann versuchte man längere Zeit mit concentrirteren Flüssigkeiten zu arbeiten, allein ohne entsprechenden Erfolg, da dieselben schwieriger in das Holz eindringen und auch geradezu angreifend auf die Zellsubstanz des Holzes zu wirken scheinen. Man ist daher jetzt wieder zu einer der ursprünglich angegebenen ähnlichen Concentration zurückgekehrt und verwendet in den Imprägnirungsanstalten auf 1 Theil jener concentrirten Lösung 40 bis 60 Theile Wasser, d. i. also ungefähr eine Lösung von 1 Proc. Zinkchlorid oder 1/2 Proc. metallischem Zink.

Die Zinksalze greifen das Eisen bekanntlich nicht an, und daher kann man sowohl als Imprägnirungsgefäße wie als Auflösungströge solche aus Eisen anwenden. Oft wählt man auch als Auflösungströge Holzkufen oder Holzkästen, innen mit Eisenblech belegt. — Das Imprägnirungsgefäß besteht aus einem liegenden Eisencylinder von 1 Centimeter starkem Blech mit ausgebauchten Endwandungen. — Wir geben hier die Dimensionen an, wie sie für Eisenbahnschwellen, für welche ja die Imprägnirung die größte Bedeutung hat und die ausgedehnteste Anwendung findet, gebräuchlich sind. Auf diese Dimensionen bezieht sich auch die nebenstehende Zeichnung. — Die Länge des cylindrischen Theils des Gefäßes beträgt darnach gewöhnlich nahezu 10 m, d. h. vier Schwellenlängen, der Durchmesser 1·8 m. Die vordere halbkugelig ausgebauchte Wandung ist zum Abnehmen eingerichtet, und es kann auf diese Weise der Imprägnirungskessel geöffnet werden. Die zu imprägnirenden Hölzer selbst werden in einer Weise, wie sie aus Fig. 21

Fig. 21.



Präparirkessel des Imprägnirungssystems Burnett; nach Baumeister.

deutlich hervorgeht, auf einen genau in den Eisencylinder passenden, auf Schienengeleisen laufenden Wagen geladen und eingefahren, alsdann die vordere Thür völlig dicht geschlossen. Das letztere wird bewirkt durch einen zwischen die starken Flanschen des Verschlusses gelegten Ring aus gefettetem Hanf, welcher durch starke Stahlschrauben gepreßt wird. Der Imprägnirungskessel besitzt weiter einen Lufthahn, ein Sicherheitsventil, Wasserstandglas und Manometer, und ist durch Röhren mit Dampfkessel, Luftpumpe, Druckpumpe und den Präparirgefäßen der Lauge in Verbindung. Für eine Imprägnirungsanstalt, welche zwei Kessel — welches natürlich für einen continuirlichen Betrieb die geringste Anzahl darstellt — besitzt, rechnet man einen Dampfkessel von 10, eine Dampfmaschine von 4 Pferden. Dabei kann die letztere außer zu den nothwendigen Luft-, Druck- und Wasserpumpen auch noch zum Schneiden der Hölzer verwendet werden.

Die Hölzer werden bei diesem wie den übrigen Imprägnirungsverfahren nach Möglichkeit vor Vornahme der Operation fertig zugerichtet, weil ein jeder nachträglich noch nöthig werdende Einschnitt eine Holzfläche bloßlegt, welche in allen Fällen in einem minder hohen Grade der Imprägnirung zugänglich war, als die der Außenfläche zunächst gelegenen Holztheilchen. Bei der pneumatischen Imprägnirung kommt freilich dieser Umstand am wenigsten in Betracht, weil hier die Durchdringung des Holzes eine möglichst vollständige ist. Immerhin besteht ein Unterschied, und man hat Ursache, nachträgliche Bearbeitung des Holzes nach Möglichkeit zu vermeiden — ganz abgesehen von dem in den meisten Fällen weniger in's Gewicht fallenden Umstande, daß die Imprägnirung für die später abgeschnittenen Holzspähne ganz unnöthig war. — Die zugeschnittenen Hölzer werden alsdann in den cylindrischen Kessel eingefahren, der Verschluß des letztern in angegebener Weise bewirkt, und nun wird unter periodischem Oeffnen des Lufthahns ein Dämpfen der Hölzer vorgenommen, welches bei den angegebenen Dimensionen etwa 3 Stunden in Anspruch nimmt. Alsdann haben die Hölzer etwa die Siedhitze erreicht und der Holzsaft fließt mit einer Temperatur von 80 bis 90° C. ab. Nun entledigt man den Imprägnirungskessel durch Oeffnen des Ablaßhahns seines nicht sehr bedeutenden Ueberdrucks, und die Arbeit der Luftpumpe beginnt. Diese dauert so lange, bis nach längerm Abstellen des Hahns das Manometer des Kessels nicht wieder erheblich steigt. Man kann nämlich das Holz nicht ganz plötzlich von Dampf und Luft befreien, da die Zwischenwandungen des Holzgewebes nur schwer durchdringbar sind, und so ist es nicht mit einer einzigen raschen Arbeit der Luftpumpe gethan, sondern das Auspumpen muß bei Erreichung eines niedern Barometerdrucks noch längere Zeit langsam fortgesetzt werden. Durchschnittlich kann man auf dasselbe etwa 1 Stunde rechnen.

Noch während die Luftpumpe in Arbeit ist, aber erst, nachdem die Luft und der Dampf nach Möglichkeit entfernt sind, öffnet man den Hahn zu derjenigen Röhre, welche in das Reservoir mit der Zinkchloridlösung führt. Die kalte Lauge wird rasch eingesogen, und sobald sie den Kessel nahezu erfüllt, wird die Thätigkeit der Luftpumpe eingestellt, während die Arbeit der mit dem Zuleitungsrohr der Lauge in Verbindung stehenden Druckpumpe beginnt. Die Druckpumpe arbeitet, bis der Druck im Kessel ungefähr 8 Atmosphären erreicht hat, und nimmt, da der Druck durch langsames Eindringen der Lauge in das Holz im Kessel eine

Zeitlang abzunehmen pflegt, periodisch wieder seine Arbeit auf. Die Menge der Lauge, welche von den Hölzern aufgenommen wird, steht in einem, wenn auch keineswegs proportionalen Verhältniß zu der Dauer des Drucks, und daraus geht hervor, daß es jedenfalls angezeigt ist, das Verweilen der Hölzer in der gepreßten Lauge nicht gar zu kurze Zeit andauern zu lassen. Von den verschiedenen Imprägniranstalten werden hierfür 1 bis 6 Stunden empfohlen, doch ist die letzte Zeitangabe ohne Zweifel unzweckmäßig groß. — Wie nach Abstellen des Drucks Entleerung, Reinigung des Apparates vorgenommen wird, bedarf keiner nähern Beschreibung.

Bezüglich der Verwendung der imprägnirten Hölzer empfiehlt es sich nach feststehenden Erfahrungen, wenigstens für Bahnschwellen, dieselben nicht unmittelbar nach der Präparirung in den Boden zu legen, sondern sie vorher etwa 6 Wochen an der Luft zur Abtrocknung liegen zu lassen*).

Was den Erfolg des Burnett'schen Verfahrens hinsichtlich der Aufnahme von Zinkchlorid in das Holz betrifft, so sind die Angaben zwar je nach Holzart und Beschaffenheit und je nach der Concentration der verwendeten Lauge, sowie nach der sonstigen Verfahrungsweise sehr auseinandergehend; allein die Aufnahme von Metallsalz ist nach allen Angaben ganz außerordentlich viel höher als bei bloßem Einlaugen in heißes Zinkchlorid. Für diese letzteren Verhältnisse nimmt man an, daß die Zinkchloridaufnahme per Cubikmeter etwa 3 Kg, d. i. pro Schwelle noch nicht $1/2$ Kg betrage, während wir beim Burnett'schen Verfahren für Kiefernholz auf Zahlenangaben stoßen von 7 bis 41 Kg per Cubikmeter, durchschnittlich etwa $1\,1/2$ Kg pro Schwelle**). Gleichzeitig ist durch chemische Untersuchung nachgewiesen, daß das Zinksalz bis ins Innerste des Holzes und sogar bis in das schwer durchtränkbare Kernholz, wenn auch nicht in gleichmäßig hohen Mengen, eingedrungen ist, während bei sonstiger Imprägnirung bei gewöhnlichem Druck ein tieferes Eindringen auch bei anderen Imprägnirungsmitteln mindestens nicht chemisch nachweisbar ist.

Wie gesagt, besteht ein bemerkenswerther Einfluß von Seiten der Holzgattung auf die Sättigung mit Zinkchlorid. Allein derselbe wird von verschiedenen Imprägnirungsanstalten in verschiedenem Sinne angegeben. Uebereinstimmend ist nur die Beobachtung gemacht, daß vom Volume Kiefernholz und Buchenholz sehr erheblich mehr aufgenommen wird, als vom gleichen Volume Eichenholz.

Nicht unerwähnt darf bleiben, daß die nach dem Burnett'schen Systeme imprägnirten Hölzer etwas an ihrer Festigkeit einbüßen. Man hat dies durch directe Versuche nachgewiesen, und eine (in Bezug auf den Bruch) verminderte Festigkeit von $1/10$ bis $1/4$ der ursprünglichen vorgefunden. Doch vergißt man gern diesen im Grunde nicht sehr bedeutenden Nachtheil den großen Vortheilen der längern Dauer gegenüber. Außerdem hat man zu berücksichtigen, daß dieser Nachtheil hauptsächlich nur von dem mit dem Systeme in Verbindung stehenden

---

*) Vergl. Organ f. d. Fortschritte des Eisenbahnwesens, III. Supplementband, 1869, S. 50.

**) Siehe auch die Angaben von Buresch in Pfeil's kritischen Blättern rc. 1864, I, S. 110.

Dämpfen abhängig ist und folglich durch eine Modification desselben, von der gleich die Rede sein wird, vermieden werden kann.

Die praktischen Erfahrungen über die Dauerhaftigkeit der nach dem Burnett'schen Systeme imprägnirten Hölzer können als sehr günstige bezeichnet werden*), wenigstens hat die Dresdener Versammlung von Eisenbahningenieuren sich über die Haltbarkeit der so behandelten Schwellen durchaus in diesem Sinne ausgesprochen. Dagegen liegen aus England und Frankreich auch weniger günstige Berichte über das Imprägniren mit Zinkchlorid, namentlich in Bezug auf der Nässe unterworfene Hölzer vor**); allein es ist nicht festgestellt, ob sich diese Erfahrungen wirklich auf die Methode mit Hochdruck beziehen. — In welchem Verhältnisse der Erfolg dieser Methode zum Erfolge anderer steht, werden wir noch später zu berichten haben. Das Burnett'sche Verfahren ist eins der billigeren und berechnet sich zu 1 bis 2 Thaler pro Cubikmeter Holz***).

Modification des Burnett'schen Verfahrens. Wir haben schon 110
eben angedeutet, daß der Verlust der Hölzer an Festigkeit bei deren Imprägniren nach dem Burnett'schen System theilweise dem damit verbundenen Dämpfen zugeschrieben werden müsse, obwohl zugegeben werden soll, daß auch bei anderen Imprägnirungsarten ähnliche Verminderungen der Festigkeit beobachtet sind. Hierin besteht jedoch nicht der einzige Nachtheil des vorausgehenden Dämpfens. Man hat nachgewiesen, daß beim Dämpfen des Holzes, wie es in der Technik ausgeführt werden kann, ohne den Zusammenhalt des Holzes allzusehr zu schwächen, ein großer Bruchtheil des Dampfes im Holze verbleibt, also daß nur ein anderer häufig ziemlich geringer Bruchtheil als condensirtes und mit gelösten Stoffen aus dem Holz beladenes Wasser abfließt. Hieraus geht hervor, daß beim Einlassen der Chlorzinklösung diese schon ein mit Flüssigkeit beladenes Holz antrifft, und deshalb nicht mehr in dem Grade in dasselbe eindringen kann, als wenn sie ein gut ausgetrocknetes Holz mit völlig entleerten Zellräumen anträfe.

In demselben Sinne sprechen gewisse in Wien angestellten Versuche, welche sich damit befassen, die Gewichtszunahme zu constatiren, welche gedämpfte und vergleichungsweise nicht gedämpfte, im Uebrigen aber genau nach denselben Methoden behandelte Hölzer durch Chlorzinkimprägnirung bei Hochdruck zeigen. Die auf diese Weise festgestellten Zahlen zeigen Folgendes:

---

*) So wurden burnettirte Hölzer jahrelang in sumpfiges Erdreich gelegt, und man konnte nach 5 Jahren, in welcher Zeit unpräparirte Hölzer völlig zu Grunde gegangen waren, noch keine Veränderung an ihnen nachweisen. Vergl. Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens, III. Supplementband, 1869, S. 52. Bericht über vergleichende Versuche: Wagner: Hand- u. Lehrbuch d. Technologie 1862, IV, S. 27.

**) So soll sich in diesem Zustande das Imprägnirungssalz zersetzen, auch Eisentheile auf das mit Zinkchlorid imprägnirte Holz ungünstig einwirken. Vergl. Nördlinger: Pfeil's kritische Blätter ꝛc. 1864, I, S. 68, und namentlich den Bericht der Direction der Braunschweig-Lüneburgischen Eisenbahn: Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens, III. Supplementband, 1869, S. 53. — Indessen soll im Boden keine erhebliche Auswaschung des Imprägnirungssalzes stattfinden (Rütgers: Wagner's Jahresber. 1868).

***) Ueber die relativen Kosten der verschiedenen Imprägnirungsverfahren vergl. Dingler's polyt. Journ. Bd. 178, S. 416.

Holz	Gewichtszunahme (in Procenten). frischgefällt	lufttrocken	gedörrt
ohne Dämpfen	12	29	50
mit Dämpfen	16	41	55

Man sieht, daß sowohl frischgefällte wie gedörrte Hölzer, ob sie (vor der Berührung mit der Chlorzinklösung unter Hochdruck) gedämpft waren oder nicht, eine nicht sehr verschiedene Gewichtszunahme zeigten, während für die lufttrocknen Hölzer der Unterschied zu Gunsten des gedämpften Holzes allerdings ein sehr bedeutender ist. Hierfür liegt zunächst die Erklärung auf der Hand, daß, wenn überhaupt das Dämpfen zum leichtern Eindringen der Imprägnirungsflüssigkeit disponirt, dies beim frischgefällten Holze weniger der Fall ist, während beim gedörrten dasselbe durch die trockne Erhitzung erreicht wird, dagegen beim lufttrocknen Holze der Dampf einmal leicht eindringen, dazu eine erheblichere Veränderung der Durchtränkungsfähigkeit des Holzes herbeiführen kann. Allein wir müssen bedenken, daß jene Gewichtsdifferenzen überhaupt nicht die Aufnahme nur von Zinkchlorid, sondern von Wasser und Zinkchlorid repräsentiren, und daß die Wasseraufnahme natürlich beim gedämpften Holze am größten ist. Berücksichtigen wir dies, so erscheinen die Zahlen für die Methode ohne Dämpfen gar nicht ungünstig, und jedenfalls können wir ruhig dem vorausgehenden Dörren an Stelle des Dämpfens das Wort reden, so sehr man freilich wünschen muß, daß der Gegenstand einer genauern Prüfung unterworfen werde.

Für das Dörren werden ferner noch einige weitere Vorzüge angeführt, so, daß bei diesem Verfahren das Holz in seiner vollen Festigkeit erhalten bleibe, daß der Betrieb ein einfacherer und weniger kostspieliger sei. Als Nachtheil könnte vielleicht erscheinen, daß die Auswaschung von Zellflüssigkeit bei dem Dörrverfahren unterbliebe. Dagegen wird aber das Eiweiß des Holzes durch die Hitze coagulirt, mit den antiseptischen Stoffen des Rauches imprägnirt und häufig noch tiefgreifender verändert. — Kurz, eine Modification des Burnett'schen Verfahrens in dem erläuterten Sinne, so daß Dörren an die Stelle des Dämpfens träte, man dann die Luftpumpe wie gewöhnlich wirken ließe, scheint am ehesten eine Zukunft zu besitzen*).

111 **Imprägnirung mit Kupfervitriol.** Von den Kupfersalzen hat allein das schwefelsaure Kupferoxyd oder der Kupfervitriol**) im großen Maßstab Anwendung als Conservirungsmittel des Holzes gefunden. Die Kupfersalze können unter diejenigen Metallsalze gerechnet werden, welche mit Proteïnstoffen leicht unlösliche Verbindungen bilden***). Die Verhinderung der fäulniß- und gäh-

*) Es verdient bei dieser Erwägung erwähnt zu werden, daß Angaben existiren, wonach das vorhergehende Dämpfen ein Hinderniß für die Imprägnirung ganz im Allgemeinen sein soll; vergl. Dingler's polytechn. Journal 124, S. 465.

**) Außer diesem Salze ist auch das Kupferchlorid wiederholt vorgeschlagen worden.

***) Weil indessen dieser Gesichtspunkt für die Kupfersalze und noch mehr für die Zinksalze nicht auszureichen scheint, hat man wohl angenommen, daß diese Körper in Folge nachträglicher Ausscheidung von basischen Salzen und dergleichen Einwirkungen umhüllend auf die Holzfaser wirkten (vergl. Wagner: Hand- u. Lehrbuch d. Technologie, Bd. 4, 1862, S. 27, und König: Dingler's polyt. Journ. Bd. 160, S. 48). In der letztern Abhandlung wird vielmehr gerade Werth gelegt auf die Löslichkeit der Proteïnkörper in überschüssigem Kupfersalz, worin zum Theil der Nutzen des gleich zu beschreibenden Boucherie'schen Verfahrens bestehen soll. Siehe übrigens auch weiter unten S. 143.

rungsartigen Erscheinungen durch diese Salze scheint daher selbstverständlich zu sein. Indessen geht die in Rede stehende Wirksamkeit nicht so weit, daß Schimmelvegetationen auf stark kupferhaltigen organischen Substraten verhindert würden; man trifft vielmehr jene sehr häufig auf solchen, namentlich auch auf mit Kupfervitriol imprägnirten Hölzern an. Trotzdem ist aber die fäulnißwidrige Kraft dieser Salze eine sehr bedeutende, und gerade aus diesem Beispiele ist zu ersehen, daß die Bedingungen der Existenz der Schimmelvegetationen nicht schlechthin identificirt werden dürfen mit den Existenzbedingungen derjenigen problematischen Organismen, welche die Fäulnißerscheinungen veranlassen, oder, besser gesagt, mit den Existenzbedingungen dieser Fäulnißerscheinungen selbst. Man muß hierbei auch den einen wichtigen Umstand im Auge behalten, daß die Schimmelpilze gar nicht der Aufnahme von Proteïnstoffen von außen zu ihrem üppigen Gedeihen bedürfen, sie vielmehr dieselben aus salpetersauren und Ammoniak-Salzen zu erzeugen vermögen, während für Fäulnißerscheinungen (wenn auch nicht für Humificirungs- und Vermoderungsprocesse) die Verfügbarkeit von löslichen eiweißartigen Stoffen als unumgänglich angesehen werden muß.

Wenn für Kupfervitriol neben sehr günstigen Erfahrungen als Holzconservirungsmittel einige ungünstige verzeichnet werden müssen, so ist dies vielmehr der Wirkung von bei der Fixirung von Kupferoxyd oder -Oxydul auf der Holzfaser frei werdender Schwefelsäure zuzuschreiben, als einer unvollkommenen Verhinderung der Fäulnißerscheinungen.

Das Boucherie'sche System*). Die Anwendung des Kupfervitriols als Imprägnirungsmittel des Holzes ist mit den besonderen Imprägnirungsmethoden von Boucherie in enger Beziehung, und es erscheint daher zweckmäßig, mit der Behandlung dieses fäulnißwidrigen Mittels die Besprechung dieser Methoden gleichzeitig vorzunehmen, gerade wie wir die Behandlung des Zinkchlorids mit der der Burnett'schen Methode verbunden haben. 112

Das Boucherie'sche Patent, in welchem die ganze Methode niedergelegt wurde, stammt vom Jahre 1841, und 1846 wurde die erste Anwendung der Methode im Großen im Vaterlande des Erfinders, in Frankreich, gemacht, wo sie auch noch jetzt eine sehr große Verbreitung besitzt. Kupfervitriol war auch wohl schon vorher hin und wieder als holzconservirendes Mittel gebraucht worden; allein Boucherie erfand zuerst eine brauchbare Methode, die Substanz tief in's Innere des Holzes zu schaffen, wodurch erst der Kupfervitriol eine Bedeutung als Imprägnirungssalz erhält, da beim bloßen Einlegen des Holzes in die Lösung weitaus kein genügendes Eindringen für ein derartiges weniger energisch wirkendes Mittel erreicht werden kann.

Eine erste Voraussetzung für die Anwendbarkeit des Boucherie'schen Systems ist die, daß das Holz in frischem und namentlich auch unbehauenem Zustande demselben unterworfen werden kann, was natürlich für manche Länder und viele Baumaterialien nicht zutrifft. Hierdurch ist der Ausdehnung jenes von vornherein eine Beschränkung auferlegt. — Das Princip der Methode ist, den hydrostatischen Druck der

---

*) Baumeister: Das Conserviren der Schwellen, 1869, S. 138.

Imprägnirungsflüssigkeit selbst zu benutzen, um einerseits den Holzsaft aus dem zu präparirenden Holze auszupressen und um jene dann selbst an dessen Stelle zu setzen, also mit einfacheren Mitteln und ohne Mitwirkung von Dampfmaschinen etwas Aehnliches zu erreichen, was in energischerer Weise durch die beschriebenen Payen-Burnett'schen Vorrichtungen bewirkt wird. Die zu imprägnirenden noch in der Rinde belassenen Stämme, welche nur an den beiden Hirnenden gerade abgeschnitten sind, werden etwas schräge gelegt, an dem höhern Ende auf einfache Weise mit einer luftdichten Kappe versehen, in welche eine mit dem Reservoir der Kupferlösung in Verbindung stehende Röhrenleitung mündet. Sind die Balken länger, so macht man auch wohl einen Einschnitt in der Mitte des Balkens, und zwar so tief, daß hier der Balken ein wenig gebogen und nach beiden Seiten hin geneigt werden kann. Die Reservoire mit der Kupferlösung befinden sich auf einem Gerüste in der Höhe von etwa 10 Metern über den zu präparirenden Balken, so daß ungefähr der Druck einer Atmosphäre resultirt und auf die obere Hirnfläche des Holzes wirkt. Die Folge ist, daß sehr bald das Abfließen von Zellsaft an der untern Hirnfläche beginnt und fortdauert, bis man endlich die blaugefärbte Imprägnirungsflüssigkeit daselbst erscheinen sieht. Hat diese eine gewisse Concentration erreicht, so wird die Imprägnirung als beendet angesehen, worauf man den Zufluß der Kupferlösung abstellt. — Dies ist etwa die Skizze des Vorgangs.

Das Nähere der Operation gestaltet sich in folgender Weise. Die Lösung wird dargestellt, indem man eine abgewogene Menge Kupfervitriol, der vortheilhaft in ziemlich reinem Zustande Verwendung findet, in einem geflochtenen Korbe in die hundertfache Menge Wasser hängt (um nicht die Auflösung durch die specifische Schwere der erhaltenen Lösung zu verzögern). Die fertige ungefähr 1procentige Lauge wird, nachdem mit dem Aräometer ihr Gehalt controlirt wurde, in die hölzernen Reservoire *ee*, Fig. 22, auf dem Gerüste gebracht.

Das zu imprägnirende Holz muß nach seiner Hiebperiode und vorhergehenden Behandlung so gewählt werden, daß es in seinem Innern dem Durchpressen der Imprägnirungsflüssigkeit möglichst wenig Widerstand entgegensetzt. So ist das im Winter gefällte Holz, da es im Splinte weniger schleimige Substanzen von geringer Diffusibilität enthält als das Sommerholz, für das Boucherie'sche Verfahren das geeignetere. Auch darf gefälltes Holz nicht längere Zeit lagern, am wenigsten in der warmen Jahreszeit, um nicht an seiner Durchdringbarkeit einzubüßen. Wie es scheint, werden durch innere Gährungsprocesse die schleimigen Inhaltsstoffe des Holzgewebes in einer Weise modificirt, daß sie hierdurch an osmotischem Vermögen einbüßen. Das den Hirnflächen zunächst liegende Gewebe wird durch die Einwirkung der Luft in ähnlicher Weise verändert, so daß es sich empfiehlt, vor Vornahme der Imprägnirung nach der Boucherie'schen Methode durch Sägenschnitte neue Hirnflächen zu erzeugen. Ein vorhergehendes Liegen oder Flößen im Wasser schadet nichts, vorausgesetzt, daß dabei die Poren des Holzes nicht durch feinen Sand verstopft werden, und daß keine ernstlicheren Zerreißungen der Rinde stattfinden, denn sonst tritt an diesen Stellen die Imprägnirungsflüssigkeit aus. — Im Gegentheil, die beginnende Auswaschung der Inhaltskörper erleichtert in diesem Falle eher das Verfahren, und jedenfalls erleiden die

Hölzer im Wasser nicht jene Veränderungen, welche nach einiger Zeit die Tränkbarkeit des Holzes vermindern. Es ist also auf diese Weise geradezu ein Mittel gegeben, Hölzer von ungünstiger Fällungszeit für das Bou-cherie'sche Verfahren ohne Schaden aufzubewahren.

Die zu imprägnirenden Stämme oder Klötze werden in Reihen in der angegebenen Weise gelagert, an den unteren Enden, wo der Saft ausfließen soll, werden Rinnen *b* (Fig. 22) angebracht, welche denselben sammeln und in unter dem Gerüste befindliche bei *c* angedeutete Tonnen zusammenführen. Dies geschieht, weil der austretende Saft sehr bald kupferhaltig wird und zur Wiederbenutzung fähig ist. Der Verschluß der Kappen wird so bewirkt, daß um die höher liegende Hirnfläche ein fettgetränkter Strick herumgelegt wird, an welchen durch angebrachte Klammern ein Brett angepreßt wird. Fig. 23 (auf folgender Seite) giebt hiervon eine gute Vorstellung. Soll die

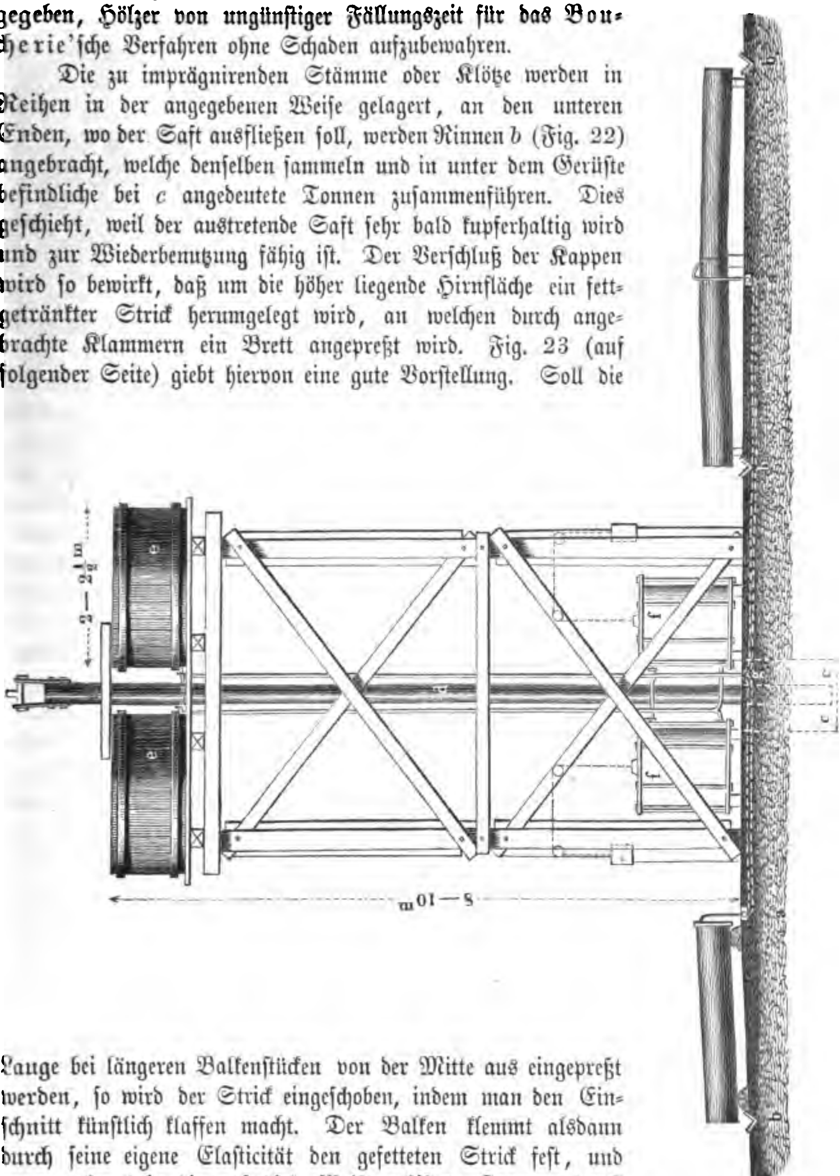


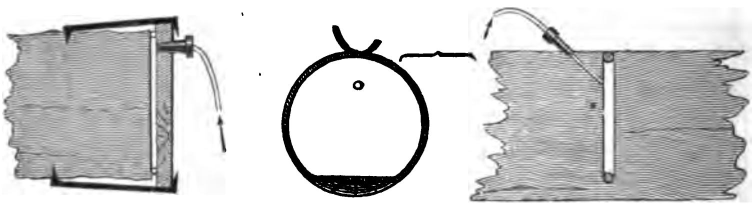
Fig. 22.

Lauge bei längeren Balkenstücken von der Mitte aus eingepreßt werden, so wird der Strick eingeschoben, indem man den Einschnitt künstlich klaffen macht. Der Balken klemmt alsdann durch seine eigene Elasticität den gefetteten Strick fest, und **man gelangt in die auf diese Weise gebildete Kammer durch eine seitliche Bohrung, wie dies auf der nachstehenden Zeichnung angedeutet ist. Diese Anordnung ist im Grunde noch einfacher als die andere.**

Ist Alles soweit vorgerichtet und die Verbindung mit dem hochstehenden Re-

servoir durch ein mehr oder weniger complicirtes System von Zuleitungsröhren, welche bei *a a* (Fig. 22) in die Balkeneinschnitte münden, hergestellt, so werden die betreffenden Hähne geöffnet, und nun drückt die Kupfervitriollösung mit der

Fig. 23.



Herstellung der luftdichten Kappen an den Hirnenden (Boucherie's Imprägnirungssystem).

Kraft von mehr als einer Atmosphäre auf die höher liegende Hirnfläche der Hölzer, treibt dort den Zellsaft vor sich her und endlich zur untern Hirnfläche hinaus, während die Kupferflüssigkeit dessen Stelle einnimmt. Man läßt dem Processe so lange seinen Lauf, bis man aus dem Hervordringen einer stark blau gefärbten Flüssigkeit (dieselbe muß vorschriftsmäßig $^2/_3$ des Gehalts der aufgegebenen besitzen) am tiefer liegenden Stammende ersieht, daß die Durchdringung des Holzes mit der fäulnißwidrigen Lauge eine vollkommene ist. — Die imprägnirten Hölzer werden zweckmäßig vor der Verwendung an der Luft abtrocknen gelassen*).

Von Mißständen der Boucherie'schen Methode sind zunächst folgende in die Augen fallend. Die Durchdringung mit der fäulnißwidrigen Substanz geschieht mehr als bei anderen Imprägnirungsarten längs der Bahnen, in denen auch die Bewegung des Zellsaftes (oder besser gesagt, des Holzsaftes) naturgemäß erfolgt. Andere Theile des Holzkörpers werden nur sehr unvollkommen von der Kupferlösung durchdrungen, und man kann sich leicht durch Betrachtung des Querschnitts eines auf diese Weise imprägnirten Holzstücks davon überzeugen, daß es vorzüglich der Splint ist**) — und selbst dieser keineswegs regelmäßig —, wo eine Vertretung des Saftes durch Vitriol stattfindet, während das schwer durchtränkbare trocknere Kernholz***) fast unberührt bleibt. Bei einer noch fäulnißwidrigeren Substanz, als sie der Kupfervitriol darstellt, würde hierin kein großer Mißstand zu finden sein, da bei solchen (wie z. B. bei dem nachher zu besprechenden Quecksilbersublimat) oft schon kaum nachweisbare Spuren genügen, um in nachhaltigster

*) Vergl. den Bericht der Hessischen Nordbahn und der Bebra-Hanauer Bahn: Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens, III. Supplementband, 1869, S. 54.

**) Vergl. später über diesen Gegenstand die Schlußbetrachtungen dieses Abschnitts. Hier sei nur bemerkt, daß Tanne, Fichte und Eiche, also gerade die wichtigsten Bauhölzer, nur im Splinte gut mit Imprägnirungsflüssigkeit durchtränkbar sind. Sehr gleichmäßig und leicht durchtränkbar sind Linde, Buche, Weide, Ulme, Erle, während Esche und Pappel schwer durchtränkbar sein sollen. Vergl. Wagner: Hand- u. Lehrbuch d. Technologie, Bd. 4, 1862, S. 29.

***) Stämme mit abgestorbenem Herz sollen sich nach der Boucherie'schen Methode gar nicht imprägniren lassen. Vergl. den Bericht d. Pfälz. Eisenbahnen: Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens, III. Supplementband, 1869, S. 55 Anm. **).

Weise die Fäulniß zu verhindern; bei dem weniger energisch wirkenden Kupfervitriol liegt darin immer ein Nachtheil, wenn man auch darauf hinweisen kann, daß es die an Inhaltsstoffen ärmeren wenigst zersetzbaren Holztheile sind, welche am unvollkommensten imprägnirt werden.

Ein weiterer Mißstand, freilich ganz anderer Art, liegt bei dem Boucherie'schen Verfahren darin, daß es zum Princip der Methode gehört, nur unbehauenes Holz, welches also noch seine Rinde unverletzt besitzt, zu imprägniren. Es ist klar, daß man auf diese Weise bei den meisten Arten von Bauholz genöthigt ist, nachträglich durch Beschlagen und Zurichten einen ansehnlichen Theil von Holzspähnen, die unnöthigerweise imprägnirt wurden, zu entfernen, und daß dabei Holzflächen bloßgelegt und dem Einfluß von Wind und Wetter und der anderen Fäulnißfactoren in besonders hohem Grade ausgesetzt werden, deren Imprägnirung und Widerstandsfähigkeit häufig eine unvollkommene sein wird. — Bei halbrunden Eisenbahnschwellen, Telegraphenstangen und dergleichen Hölzern fällt freilich jener erstere Gesichtspunkt völlig weg, da in diesem Falle die ganze weitere Bearbeitung höchstens in einem einzigen Sägenschnitte besteht, und in der That hat auch die Boucherie'sche Methode für diese Hölzer die hervorragendste Bedeutung.

Endlich ist eines Uebelstandes Erwähnung zu thun, welcher darin besteht, daß der ausfließende Holzsaft sich bei dem in Rede stehenden Verfahren nothwendig mit der Kupfervitriollösung (die ja auch eine Zeit lang abfließen muß, um die Imprägnirung vollständig zu machen) vermischt, und so diese nicht bloß mit fäulnißfähigen Producten stark verunreinigt, sondern auch deren erneute Anwendung wegen der schaumigen Beschaffenheit des Holzsaftes beschränkt wird. Und doch kann nicht davon die Rede sein, dieses Gemisch verloren zu geben, da sonst das Verfahren ganz unverhältnißmäßig vertheuert werden würde. — Es ist nun allerdings gelungen, bei dem weitern Ausbau der Boucherie'schen Methode diesen Mißstand theilweise zu beseitigen, nämlich, indem man den kupferhaltigen Saft mittelst Filtriren durch poröse Substanzen reinigt und erst dann seinem Gehalte nach vervollständigt und neuerdings verwendet. Bei unserer (S. 139) vorgeführten Zeichnung ist bereits auf eine derartige Vorrichtung Rücksicht genommen. Am Fuße des Gestelles, auf welchem die Reservoire für die Imprägnirungsflüssigkeit aufgestellt sind, findet sich nämlich für je ein Reservoir auch eine Filtertonne *f*, welche mit einer porösen Substanz, feinem Kies oder Kohle, gefüllt ist. Die Filtertonnen besitzen einen Deckel mit Balanciergewicht, der durch Klammern luftdicht aufgesetzt werden kann. Man läßt nun die aus dem Holze abfließende, in Rinnen sich ansammelnde kupferhaltige Flüssigkeit unter Druck von unten in eine Filtrirtonne einfließen und nach oben zu die Filtermasse passiren. Dies geschieht am besten, indem man die Flüssigkeit in ein Reservoir auf dem Gerüste pumpt. Nach der Filtration wird dieselbe, da sie doch einen großen Theil ihres Druckes durch Reibung eingebüßt hat, abermals hinaufgepumpt, auf den normalen Kupfergehalt ergänzt und dann erst zur erneuten Imprägnirung verwendet. — In welcher Weise bei dem beschriebenen Vorgange die porösen Filtermassen wirken, und welche chemische Veränderung durch dieselben in der verunreinigten Flüssigkeit bewirkt wird, ist unbekannt. Jedenfalls handelt es sich, zumal bei der Anwendung von Kies als Filtermaterial, nicht um eine Entziehung sämmtlicher fäulnißfähigen

Saftbestandtheile, sondern mehr um eine mechanische Veränderung, welche eine erneute Vornahme der Imprägnirung mittelst der Flüssigkeit gestattet. Der namhaft gemachte Uebelstand ist auch mit der Einschaltung solcher Filtrirtonnen keineswegs gehoben, und das ganze modificirte Boucherie'sche Verfahren kann strenggenommen nicht als eine Verdrängung der schädlichen Saftbestandtheile durch die Imprägnirungsflüssigkeit, sondern lediglich als eine Unschädlichmachung jener mittelst derselben bezeichnet werden, indem ja bei continuirlichem Betrieb immer ein Holzstück eine große Menge Saftbestandtheile, die aus einem andern verdrängt wurden, zugeführt erhält. — Von Wichtigkeit ist noch zu bemerken, daß die porösen Filtermassen rasch ihre Wirksamkeit einzubüßen scheinen. Wenigstens besteht eine technische Vorschrift, welche angiebt, daß die Filtertonnen bei fortdauerndem Gebrauche alltäglich zu entleeren und zu reinigen seien.

Es geht schon aus dem über die Durchdringbarkeit der verschiedenen Theile des Holzkörpers mittelst der Imprägnirungsflüssigkeit Gesagtem hervor, daß sich verschiedene Hölzer bei dem Boucherie'schen sowie bei einem jeden andern Imprägnirungsverfahren sehr verschieden verhalten müssen. Stämme ohne hervortretende Kernholzbildung sind gleichmäßiger zu imprägniren als solche, wo diese Bildung in hervorragender Weise auftritt. So geht der künstlich veranlaßte Flüssigkeitsstrom bei der Eiche wegen der großen Schwierigkeit der Durchtränkung des Kernholzes fast ausschließlich durch die jüngsten Jahresringe. Aehnlich geschieht es auch bei der Tanne, hier wegen der außerordentlichen Leichtigkeit, mit welcher die jüngeren Splintpartien durchtränkbar sind, während so gleichmäßig gebautes Holz wie das der Buche und der Kiefer auch sehr gleichmäßig durchtränkt werden kann.

Anders verhält es sich wieder mit dem specifischen Widerstande, welchen jedes einzelne Holzstück der Durchtränkung entgegensetzt. Es liegt außer dem Bereiche unserer Darstellung, auf diesen Gegenstand näher einzugehen; nur sei hier in Kürze eines Mittels erwähnt, dessen man sich bedient, wenn man auf die gewöhnliche Weise ein Holzstück nicht zu imprägniren vermag, d. h. wenn der Zeitpunkt nicht eintreten will, wo die $^2/_3$ gesättigte Lauge am untern Stammende hervortritt, und wo man gleichwohl nicht in der Lage ist, durch Kürzen des Stammstücks den zu großen Widerstand herabzumindern. In diesem Falle dreht man nämlich den Balken herum und läßt die gepreßte Flüssigkeit auf die entgegengesetzte Hirnfläche wirken. Man hat so nicht bloß die Aussicht, mit einer genügenden Imprägnirung von beiden Seiten bis in die Mitte des Balkens vorzudringen, es können auch zum Theil die Widerstände, die sich durch Verstopfung gebildet haben, durch die Umkehrung beseitigt werden.

Der Saftverlust des Holzes bis zum Eintritt des bezeichneten Sättigungspunktes mit Lauge ist ein sehr bedeutender, aber wiederum für verschiedene Hölzer ein sehr ungleicher. Beim Buchenholze rechnet man, daß bis zu diesem Zeitpunkte das dreifache Volum des Holzes von einer Flüssigkeit, die aus Holzsaft und Imprägnirungsflüssigkeit gemischt ist, austritt. Eine noch größere Menge von Flüssigkeit ist unterdessen in das Holz eingetreten. Boucherie hat*) vergleichende

*) Vergl. Baumeister: A. a. O. S. 141.

Angaben für verschiedene Holzarten über die hierdurch bewirkte Gewichtsvermehrung gemacht. Derselbe giebt an für die Gewichtszunahme pro Cubikmeter am Holze der

Tanne . . .	24 Kg	Kiefer . . .	57 Kg
Eiche	25 „	Buche . . .	95 „

Dies giebt eine Vorstellung von dem Mehr an Flüssigkeit und Kupfersalz nach der Imprägnirung, aber nicht von der Menge des aufgenommenen Kupfervitriols, da dieselbe keineswegs proportional mit jenen Zahlen ist. An trocknem Vitriol wird von dem Buchen- und Kiefernholze etwa 5·5 Kg pro Cubikmeter aufgenommen. Man sieht, daß diese Menge größer ist, als der völligen Sättigung mit einer 1procentigen Lösung entspricht, denn der Cubikmeter frisch imprägnirten Holzes wird kaum je mehr, meistens aber weniger als 400 Kg Saft enthalten, so daß erhebliche Mengen des Kupfervitriols im Holze fixirt sein müssen*).

Daß eine solche Fixirung thatsächlich stattfindet und auch im Zusammenhang steht mit dem Schutz vor Fäulniß, beweist unter Anderen auch die Thatsache, daß man organische Gewebe nach dem Imprägniren mit Kupfervitriol durch Auswaschen von allem unveränderten Salze befreien und dieselben dennoch durch dieses Verfahren conserviren kann.

Da nun aber die aufgenommene Menge Kupfervitriols von einer specifischen Fixirungsfähigkeit des Holzes abhängig ist, kann man aus dem bloßen Mehrgewicht der Schwellen nach dem Imprägniren keinen Schluß auf diese Menge machen. Die Menge von Kupfervitriol, die beim normalen Imprägniren nach der Boucherie'schen Methode vom Holze festgehalten wird, muß also für jede Holzart besonders ermittelt werden. Nach den (in der Anm. citirten) Versuchen von König würde diese Fixirung durch die Harze des Holzes geschehen — man vermag eine Kupferverbindung des Harzes aus dem imprägnirten Holz mit Alkohol zu extrahiren —, es würde also diese Beurtheilung nach dem Harzgehalte geschehen können. Sobald dies aber einmal geschehen ist, hat man einen Maßstab an der Hand, um sich nachträglich durch ein einfaches analytisches Verfahren davon zu überzeugen, ob die Imprägnirung in richtiger Weise vorgenommen wurde. So schreiben die französischen Eisenbahnen den Lieferanten von imprägnirten Schwellenhölzern einen bestimmten Kupfervitriolgehalt des Holzes vor und überzeugen sich durch die Analyse von der Einhaltung der vorgeschriebenen Bedingungen. — Hierin liegt ein nicht unwichtiger Vortheil des Boucherie'schen Verfahrens anderen Imprägnirungsarten gegenüber, bei denen eine derartige Controle nicht möglich ist, und deshalb in umständlicher und dennoch in ungenügender Weise das Verfahren selbst vom Abnehmer überwacht werden muß. Wir werden nachher noch einmal kurz auf diesen Punkt aufmerksam zu machen haben.

Auch über die Zeit, welche das Boucherie'sche Verfahren in Anspruch

*) Ueber den Chemismus dieser Fixirung hat König (Dingler: Polyt. Journ. Bd. 160, S. 48) einige Angaben gemacht, die noch nicht alle bestätigt sind (vergl. Welz: ebenda Bd. 163, S. 306). — Die Reduction des Kupfervitriols zu Oxydul oder gar zu metallischem Kupfer, die man beobachtet haben will, scheint keineswegs mit dieser ersten Fixirung zusammenzuhängen, vielmehr ein secundärer, für die mechanische Festigkeit des Holzes (durch Freiwerden der Schwefelsäure?) schädlicher Proceß zu sein.

nimmt, wollen wir einige Angaben machen. — Da diese Zeit für verschiedene Hölzer eine verschiedene ist, auch natürlich von der Länge (und, wie man angiebt, auch von der Dicke) der zu imprägnirenden Holzstücke und ebenso von den herrschenden äußeren Temperaturverhältnissen abhängig ist, so ist es mit einer einzelnen Angabe natürlich nicht gethan. Für Buchenstämme von der Länge der Bahnschwellen giebt man die Zeitdauer des Verfahrens, vorausgesetzt, daß sie sich im frischen Zustande befinden und daß die Druckhöhe die früher angegebene ist, im Durchschnitt auf 48 Stunden an. Wenn es sich um längere Stämme handelt, so kann jedoch diese Zeit bedeutend größer werden, da sie nach gemachten Beobachtungen ungefähr mit dem Quadrate der Länge des Stammes wächst. Ist innerhalb 100 Stunden, wegen der zu großen Länge des Stammes, wegen schlechter Durchtränkbarkeit des betreffenden Holzes oder wegen zu niedriger äußerer Temperatur der Proceß noch nicht bis zu dem kritischen Punkte gediehen, so greift man zur Umwendung des Stammes.

Die praktischen Erfahrungen mit dem Boucherie'schen System sind theilweise recht günstige*), und es spricht hierfür schon die lange Anwendung des Systems in Frankreich und einigen angrenzenden Ländern, ohne daß ein anderes Verfahren dasselbe zu verdrängen vermochte. Will man das System indessen einer erschöpfenden Kritik unterziehen, so muß man die Imprägnirungssubstanz und die Manipulation streng auseinanderhalten. Die letztere hat neben einigen schon hervorgehobenen Nachtheilen für gewisse Holzarten so große Vortheile, daß in dieser Beziehung das Verfahren gar nicht genügend berücksichtigt werden kann. Wie viel vollständiger und erfolgreicher die Imprägnirung unter einem erheblichen hydrostatischen Drucke erfolgt, als durch bloßes Einlegen der Hölzer in die Lauge, dies erkennt man am deutlichsten an den verhältnißmäßig sehr schlechten Erfahrungen, welche man mit der Imprägnirung mit Kupfervitriol bei Niederdruck in Deutschland gemacht hat. Dabei ist die Boucherie'sche Imprägnirungsweise, wenn sie auch nicht ganz dasselbe leistet, wie das Imprägniren nach dem pneumatischen (beim Burnett'schen Systeme acceptirten) Verfahren, unter sehr vielen Verhältnissen diesem vorzuziehen. Der Boucherie'sche Apparat kann überall rasch an einem Orte, von dem aus nur vorübergehend Lieferungen imprägnirten Holzes zu machen sind, aufgestellt und wieder abgebrochen werden**), ist überhaupt billig und setzt keine Leistung von Maschinenarbeit voraus. Diese Methode eignet sich daher vorzugsweise für Waldbesitzer, welche Lieferungen imprägnirter Hölzer zu machen haben oder selber Consumenten von solchen sind, während die pneumatische Methode für Consumenten, die nur unregelmäßige Lieferungen von Holz und nicht immer im frischen Zustande sowie von verschiedenen Orten erhalten, entschieden die geeignetere ist.

---

*) Ungünstige Erfahrungen mitgetheilt in Ann. d. ponts et chauss. 25 (3), 1859. — Hierzu kommt nach einigen Angaben noch eine nicht ganz unbedeutende Festigkeitsverminderung in Folge der Imprägnirung mit Kupfervitriol; dieselbe wird übrigens auch voraussichtlich für einige andere Metallsalze zu constatiren sein.

**) Wegen der immerhin nicht ganz unbedeutenden Herstellungskosten desselben hat sich Fragneau einen modificirten locomobilen Apparat patentiren lassen (Armengaud's Genie ind. 1865, Juni, S. 294).

Die Vortheilhaftigkeit des Imprägnirens mit Kupfervitriol ist dagegen ganz an das Boucherie'sche Verfahren geknüpft, und, wie gesagt, hat man ohne dasselbe mit dieser Substanz sehr mittelmäßige Erfahrungen gemacht*). Die Bedeutung des Boucherie'schen Imprägnirungssystems hat ihren Grund mithin wesentlich in der Manipulation, nicht in der vorgeschlagenen Substanz**), und es kann nur Wunder nehmen, daß diese Manipulation noch nicht mit einer wohlfeileren aber ebenso wirksamen oder wirksameren Substanz, wie z. B. mit dem dreimal wohlfeileren Zinkchlorid, vorgenommen worden ist. Der Kupfervitriol hat als Imprägnirungssubstanz noch einen ganz besondern bis jetzt nicht hervorgehobenen Nachtheil, nämlich den, durch Eisen aus seinen Lösungen gefällt zu werden, eine Eigenschaft, die namentlich dem weit elektropositiveren Zink in seinen Lösungen ganz abgeht. Eine unliebsame Folge hiervon ist nicht bloß, daß man bei Herstellung von Imprägnirungsapparaten für Kupfervitriol alle Eisenconstructionen vermeiden muß, was für Zinkimprägnirungsflüssigkeiten natürlich nicht der Fall wäre; der Hauptnachtheil besteht vielmehr darin, daß auch für das mit Kupfervitriol imprägnirte Holz eine innige Berührung mit Eisentheilen schädlich ist, und z. B. derartige Schwellen an den Stellen, wo die Schienenkloben eingeschlagen sind, zu verderben beginnen, indem hier gleichzeitig die conservirende Substanz zersetzt und den atmosphärischen Einflüssen erleichterter Zugang verstattet wird.

Man hat Kupfervitriollösungen auch in der Hitze als Imprägnirungsmittel des Holzes zu verwenden gesucht, also daß man die Lösung sammt dem darin liegenden Holze durch Dampfeinleiten erhitzte; und es finden sich sogar Apparate, die diesem Zwecke dienen sollten, in Lehrbüchern abgebildet***). Allein da eine hierauf begründete Methode keine erhebliche Ausdehnung gewonnen hat, jedenfalls die Resultate auch sehr mittelmäßig gewesen sind, so gehen wir hier nicht weiter auf diese Combination ein.

Modificationen des Boucherie'schen Verfahrens. Anknüpfend 131
an das Boucherie'sche Verfahren der Imprägnirung muß hier noch kurz von einer ähnlichen, auf den ersten Hinblick höchst ingeniösen Imprägnirungsmethode die Rede sein, die gleichfalls ursprünglich von Boucherie vorgeschlagen wurde,

---

*) So hat man in Frankreich versucht, Kupfervitriol mit pneumatischen Apparaten zu imprägniren, hat dazu aber, weil bei Verwendung dieser Substanz Eisenconstructionen vermieden werden müssen, sehr kostspieliger Einrichtungen bedurft. Eine erhebliche Bedeutung hat also diese Combination praktisch nicht, und man würde vielleicht niemals zu ihr geschritten sein, wenn im betreffenden Falle nicht vorschriftsmäßig Kupfer hätte verwendet werden müssen. — Trotzdem bedienen sich auch die mecklenburgischen Eisenbahnen und die österreichische Südbahn einer derartigen Combination. Vergl. Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens, III. Supplementband, 1869, S. 54, 55.

**) Da wir in Bezug auf das Boucherie'sche Verfahren Imprägnirungs-Substanz und -Manipulation ganz aus einander gehalten haben, so lassen wir eine eigentliche Kostenberechnung nicht folgen und bemerken nur, daß der Kupfervitriol viel theurer ist als das Zinkchlorid, daß aber von diesem beim Burnett'schen Verfahren mehr aufgenommen wird. Die Kosten der beiden Systeme sind Alles in Allem nicht sehr verschieden ($2\frac{1}{2}$ bis 10 Sgr. pro Schwelle).

***) Vergl. Gottgetreu: Phys. u. chem. Beschaffenheit d. Baumaterialien, S. 329.

und welcher J. A. Schultz*) gleichzeitig mit seiner Empfehlung des holzessigsauren Eisens als Imprägnirungsflüssigkeit so warm das Wort geredet hat. Das Princip dieser Methode besteht darin, die, wie man sich ausdrückt, „natürliche Vegetationskraft“ des lebenden Baumes für die Aufsaugung der Imprägnirungsflüssigkeit zu benutzen.

Der noch stehende oder eben erst gefällte Baum wird nach dieser Methode mit einem Einschnitt unten am Stamme, resp. mit seiner bloßgelegten untern Hirnfläche mit der Imprägnirungsflüssigkeit in Verbindung gebracht, und der Baum saugt diese Flüssigkeit, sie mag nun giftig für das vegetative Leben sein oder nicht, wenn sie nur überhaupt einige osmotische Fähigkeit besitzt, durch den Holzkörper nach oben und vertheilt dieselbe durch die kleinsten Zweige, gerade als wenn es sich um die Aufsaugung der durch die Wurzeln aufgenommenen für die normale Ernährung des Baumes nothwendigen Bodenflüssigkeit handelte. Der Baum stirbt selbstverständlich, nachdem der Proceß eine Zeit lang gedauert hat, ab; allein nun ist erreicht, was man bewerkstelligen wollte. Das Holz des Baumes ist durch die Imprägnirung sehr viel dauerhafter geworden, und man hat zu diesem Zwecke gar keine Arbeitsleistung mit Druckpumpen, Luftpumpen &c. nothwendig gehabt. — Da das Verfahren auch noch an frisch gefällten, wenn nur noch frisch belaubten Stämmen möglich sein soll, so ist dasselbe nicht einmal an den ursprünglichen Standort des Baumes gebunden, sondern kann auf Plätzen in der Nähe von Waldungen, auf welche man die unentlaubten Stämme zusammenführt, vorgenommen werden.

Um eine Vorstellung von der Art und Weise, wie der lebende Baum auch eine ganz fremdartige und selbst giftige Flüssigkeit durch den Stamm emporsaugt, zu geben, müssen wir hier an die Functionen der Blätter sowie des Holzkörpers selbst — bei der unausgesetzten Durchströmung der Gewächse von einem Flüssigkeitsstrom, welcher von unten nach oben verläuft — erinnern. Während der Holzkörper, der sich ja bis hinauf in die kleinsten Aestchen verzweigt, für diese Vorstellung als ein todter Körper von capillarer Thätigkeit betrachtet werden und etwa mit einem durch eine impermeable Hülse nach außen hin abgeschlossenen Dochte verglichen werden kann, stellen die in lebhafter Vegetation begriffenen Blätter sehr energisch wirkende Saugapparate dar, die einen erheblichen hydrostatischen Druck zu überwinden vermögen. Diese Saugapparate, welche, nebenbei bemerkt, ihre Arbeitskraft aus der lebendigen Kraft der verdampfenden Wassermoleküle entnehmen und durch die osmotische Thätigkeit der Parenchymzellen des Blattes in Stand gehalten werden, sind in unmittelbarer Verbindung mit dem capillaren System des Holzkörpers, und so ist das Bestehen eines unausgesetzt fließenden Wasserstroms durch die Pflanze hindurch leicht verständlich, und ebenso erklärlich, warum auch giftige Stoffe auf diese Weise aufgesaugt werden können. Erst wenn diese in die Blätter gelangen, welche allein bei dem ganzen Vorgange als wirklich lebende Organismentheile mitwirken, sterben diese ab und welken. Dann freilich hört der Vorgang auf; er hat aber dann auch den beabsichtigten Zweck erfüllt. — Zugleich ist auch erklärlich, warum man den nämlichen Proceß nicht an einem

*) Siehe dessen: Neues &c. Verfahren, das Holz zu conserviren, 1844. S. 31.

unentrindeten aber seiner Krone beraubten Stamme wiederholen kann. Hier wirkt die Verdunstung nur auf die obere Hirnfläche, und hierdurch wird (man vergleiche mit der Oberfläche der verdunstenden Blätter) nur ein sehr geringer Flüssigkeitsstrom veranlaßt, und bevor eine gründliche Imprägnirung erlangt werden kann, haben längst secundäre Processe das Holz in der Nähe jener obern Hirnfläche einer lebhaften Capillarthätigkeit beraubt.

Um eine Vorstellung davon zu geben, wie der in Rede stehende Vorgang thatsächlich verläuft, führen wir einige von Schultz gegebene Beispiele an*):

> „Im Monat September wurde eine Pappel von 28 m Höhe und 40 cm Durchmesser, mithin ein schon sehr großer Baum, auf obige Art mit dem besten Erfolge behandelt. Ihr unteres Ende war 20 cm tief in die holzessigsaure Eisenflüssigkeit von 8° Beaumé gestellt worden. Schon nach 6 Tagen war die ganze Pappel bis in die Blätter davon vollkommen durchzogen. Der Baum hatte während dieser Zeit ungefähr 3 Hl von der Salzflüssigkeit aufgesogen, um davon vollkommen durchdrungen zu werden."
>
> „Ein ähnliches Resultat lieferte eine Fichte von 21 m Höhe und 52 cm Durchmesser; dieselbe absorbirte gleichfalls in ungefähr 6 Tagen ungefähr 2·8 Hl holzessigsaures Eisen von 8° Beaumé."

Auf den ersten Blick erscheint die eben beschriebene Methode, wie gesagt, in hohem Grade praktisch. Allein wir müssen nun auch die Nachtheile schildern, die daran Schuld sind, daß dieselbe keinen bleibenden Platz unter den Imprägnirungsmethoden behaupten konnte. Zuerst ist einleuchtend, daß es nicht wohl angeht, mit den vielen Hektolitern von Imprägnirungsflüssigkeit im Wald bei den einzelnen zu fällenden Bäumen herumzuziehen, ganz abgesehen davon, daß sich der Forstbetrieb meistens nicht wohl mit der weitern Behandlung des Bau- und Werkholzes befassen kann. Nun könnte man allerdings die gefällten Bäume, an denen ja wenige Tage nach der Fällung die Operation noch vorgenommen werden kann, auf ambulante Imprägnirungsplätze zusammenfahren; allein da die Bäume ihre Krone oder wenigstens, um die saugende Kraft nicht allzusehr herunterzudrücken, einen erheblichen Bruchtheil der Krone behalten müssen, so ist leicht ersichtlich, mit welchen Schwierigkeiten ein solcher Transport verbunden sein würde. Aber selbst, wenn dies alles noch zu überwinden wäre, so ist die Verschwendung der Imprägnirungsflüssigkeit, die eine Folge ist der gleichzeitigen Behandlung all' des vielen Abfalls an Zweigen, Rinde, Blättern mit dem als Bauholz nutzbaren Stamm, ein schwer wiegender Mißstand, der die scheinbar billige Methode außerordentlich vertheuert. Und nicht bloß, daß diese Abfälle unnütz imprägnirt werden, dieselben büßen, so weit sie als Brennstoff dienen, häufig geradezu an Werth ein, namentlich so weit es sich um die Imprägnirung giftiger Stoffe handelt. Schon bei der Boucherie'schen Methode haben wir es als einen Nachtheil bezeichnet, daß nicht die endgültig zu verwendenden Balken, sondern der rohe berindete Stamm der Behandlung unterzogen werden muß. Dieser Nachtheil trifft das eben beschriebene Verfahren in weit höherm Grade.

---

*) A. a. O. S. 32.

Ein anderer Nachtheil dieser Methode, der übrigens beinahe alle Imprägnirungsmethoden trifft, ist der, daß die aufsteigende Flüssigkeit nicht gleichmäßig durch das ganze Holz fließt, sondern innerhalb der Bahnen, welche der Saftstrom im lebenden Baume überhaupt einhält, d. h. vorzugsweise durch die jüngeren Holzringe, durch den Splint. Da indessen gerade diese Theile des Holzkörpers an sich die zersetzungsfähigsten sind, so dürfte über diesen Nachtheil hinwegzusehen sein. — Schließlich involvirt das Verfahren eine unzweckmäßige Fällungszeit.

Alles in Allem genommen begreift man, warum die beschriebene anscheinend naturgemäßeste Methode keine weitere Ausdehnung gewonnen hat, und warum dieselbe mit der ihr ähnlichen Boucherie'schen, bei welcher die natürliche Saugkraft des lebenden Baumes durch einige Pumpenstöße ersetzt wird, nicht zu concurriren vermag. — Einen weitern Nachtheil der Boucherie'schen Methode gegenüber, der darin zu bestehen scheint, daß bei jenem Verfahren am lebenden Baume der schädliche Holzsaft nicht entfernt wird, haben wir nicht geltend gemacht, da dies bei dieser im continuirlichen Betriebe im Grunde auch nicht geschieht.

Hier ist denn auch der passende Ort, um einige andere zum Theil sehr ähnliche Modificationen der Aufsaugung der Imprägnirungsflüssigkeit durch die Hölzer zu besprechen, obschon denselben eine große praktische Bedeutung bis jetzt nicht beigemessen werden kann. Für die Erläuterung des Princips und der noch möglichen Neuerungen haben sie immerhin einige Bedeutung.

Von Lüdersdorff*) ist z. B. für die Imprägnirung der Telegraphenstangen vorgeschlagen worden, die frischen Stangen in der Rinde zu belassen, nur in der Nähe des obern Endes ein wenig abzuschälen, und dieselben dann einfach mit ihrem untern Ende in die Imprägnirungsflüssigkeit zu stellen, wonach dann die Aufsaugung in genügendem Grade stattfände. Das Schälen eines Stückes des obern Stammendes hat hier natürlich den Sinn, die Verdunstung durch Vergrößerung der verdunstenden Fläche zu steigern, gleichsam die Function des entfernten Laubes auf diese Weise künstlich zu erfüllen. Natürlich ist dieser Ersatz nur sehr unvollkommen, und das entrindete Ende selbst wird nicht imprägnirt. Allein da es bei den Telegraphenstangen nur auf Haltbarmachung des untern in der Erde steckenden Theils vorzugsweise ankommt, so ist der Vorschlag vielleicht für gewisse Verhältnisse in Erwägung zu ziehen.

Nach einem von Perrin**) herrührenden Vorschlag soll die Aufsaugungskraft künstlich ersetzt werden durch die Herstellung eines luftverdünnten Raumes am obern Stammende. Darnach soll nämlich das betreffende Ende des noch berindeten Stammes luftdicht in einen gut verschließbaren Kasten eingepaßt werden, in welchem durch Verbrennung von Spiritus ein luftverdünnter Raum erzeugt wird. Der Vorschlag verdient in mehrerlei Hinsicht ein unpraktischer genannt zu werden.

Für schon beschlagene Hölzer liegt ebenfalls ein Lüdersdorff'scher Vorschlag vor***). Derselbe besteht darin, dieselben in einen für diesen Zweck eigen-

*) Vergl. Scheden: A. a. O. S. 73.

**) Vergl. Payen: Chimie industr. 1851, p. 389.

***) Scheden: A. a. O. S. 76.

thümlich geformten Kasten zu bringen, der in seinem Boden für jeden Balken ein Loch hat, in welches jene eingepaßt werden, worauf man die noch bleibenden Fugen mit Lehm verschmiert. Nun wird der Kasten mit Imprägnirungsflüssigkeit gefüllt, bis die Balken über ihr oberes Ende hinaus mit ihr bedeckt sind. Die Flüssigkeit soll dann den Holzsaft vor sich her und zum untern Hirnende hinaustreiben. Man sieht, man hat es mit einer unvollkommenen Anpassung der Boucherie'schen Imprägnirungsmanipulation für beschlagene Hölzer zu thun. Die praktische Bedeutung derselben erscheint mehr als fraglich.

Andere augenscheinlich unpraktische Modificationen des Boucherie'schen Verfahrens übergehen wir hier ganz mit Stillschweigen. Wir verweisen in Bezug auf dieselben auf die Scheden'schen Ausführungen.

Imprägnirung mit Quecksilbersublimat. Die Quecksilbersalze haben wohl von allen jemals zur Holzconservirung vorgeschlagenen und verwendeten Substanzen bei Weitem die ausgesprochenste fäulnißwidrige Wirkung*), und wenn die Frage der Holzconservirung eine rein technische und nicht zugleich auch eine wirthschaftliche wäre, so könnte kein Zweifel darüber bestehen, daß eine auf die Verwendung jener Salze gegründete Methode in erster Linie empfohlen werden müßte. — Freilich hat man dabei auch häufig die hygienische Seite der Frage in's Auge gefaßt, und wegen der giftigen Einwirkungen, welche die Quecksilbersalze auf die menschliche Gesundheit ausüben, diese als Conservirungsmittel verbannen zu müssen geglaubt. Allein diese schädlichen Eigenschaften sind, wie wir noch weiter auszuführen haben werden, bei vorsichtiger Handhabung der auf die conservirende Kraft der Quecksilbersalze begründeten Imprägnirungsmethode nicht erheblich genug, um aus diesem Grunde dieselbe zu verwerfen. 114

Von den Quecksilbersalzen ist allein das Zweifach-Chlorquecksilber, das Quecksilberchlorid oder Quecksilbersublimat, auch schlechtweg Sublimat genannt, als Conservirungsmittel des Holzes gebräuchlich. Dieses Salz verdankt eine solche Bevorzugung offenbar seiner Leichtlöslichkeit, durch welche es sich vor vielen anderen Quecksilbersalzen, z. B. auch dem Chlorür, auszeichnet, und die ihm gestattet, schnell bis tief in das Innere poröser Massen einzudringen. Daneben ist jedenfalls noch die verhältnißmäßige Wohlfeilheit des Salzes von Belang.

Es ist unbestreitbar eine bloße Folge der ganz außerordentlich fäulnißwidrigen Wirkung des Quecksilbersublimats, daß die Methoden, die zur Imprägnirung des Holzes mittelst desselben dienen, so auffallend einfache sind. Schon die kleinen Mengen, welche bei der Imprägnirung durch bloßes Einlaugen in das Innere des Holzes eindringen, genügen bei der Anwendung des Quecksilbersublimats, um in den allermeisten Fällen dem Holze einen wirksamen Schutz zu gewähren. Da nun die Resultate bei dieser Methode vorzügliche waren, und dieser nur durch die hohen Kosten, keineswegs aber durch mangelhafte Erfolge eine Grenze gezogen wurde, so hatte man keine Ursache, sich für das fragliche Salz nach wirksameren Manipula-

*) Wir haben schon früher (S. 129) der vorzüglichen conservirenden Kraft der Quecksilbersalze erwähnt und brauchen nicht mehr auf deren Anwendung beim Einbalsamiren von Leichen und dergleichen hinzuweisen.

tionen umzusehen*), während dies bei den bisher besprochenen Imprägnirungsstoffen naturgemäß immer der Fall war. — Kurz wir haben für die Conservirung durch Quecksilbersublimat nur ein einziges Imprägnirungssystem zu beschreiben.

115 **Das Verfahren nach Kyan.** Das einzige Imprägnirungssystem, welches auf die fäulnißwidrigen Eigenschaften von Quecksilbersalzen begründet wurde, ist das Verfahren, welches zuerst von Kyan angegeben worden ist, und auch einen besondern Namen, den der Kyanisirung (sprich Keiänisirung) trägt. (Dies Verfahren hat also, wie fälschlicher Weise oft angenommen wird, nichts mit der Imprägnirung cyanhaltiger Substanzen zu thun.)

Das Verfahren nach Kyan besteht einfach darin, daß man zugeschnittene Hölzer, an denen zweckmäßiger Weise die Zimmermannsarbeit bis auf den letzten Sägenschnitt vollendet ist, eine Reihe von Tagen in eine verdünnte Auflösung von Sublimat einlegt. Im Großherzogthum Baden, wo das Verfahren seit vielen Jahren für Eisenbahnhölzer mit dem besten Erfolge geübt wird, benutzt man stets eine $^2/_3$ procentige Lösung**). Dieselbe nimmt während des Einlangens, anfangs, so lange das Holz frisch ist, rascher, dann langsamer — durch Fixirung des Salzes im Holze — an Gehalt ab, und wird dann von Zeit zu Zeit durch Zusatz in der Wärme hergestellter concentrirter Sublimatlösung auf den normalen Gehalt gebracht.

Die Ermittelung der Concentration geschieht dabei nach einem sehr einfachen Titrirverfahren, das recht gut von den Arbeitern selbst erlernt werden kann, und welches jedenfalls der Mittheilung werth ist. Als Probeflüssigkeit dient eine Auflösung von Jodkalium, die in der Volumeinheit die doppelte Anzahl von Aequivalenten (alte Atomgewichte $2\,KJ : HgCl = 332 : 135{\cdot}5$) dieses Salzes enthält, als die normale Lauge Quecksilberchlorid enthalten soll. Zur Ausführung der Titrirprobe bedient man sich eines dickwandigen auf der einen Seite geschlossenen Glascylinders von etwa 15 cm Länge und bis zu seinem obersten Theilstriche, der einige Centimeter vom Rande entfernt sein muß, von etwa 20 cbcm Inhalt. Die Theilung des Röhrchens in Volumabschnitte ist in folgender Weise bewerkstelligt. Bei etwa 10 cbcm Inhalt ist eine Marke angebracht, die man gewöhnlich als Nullpunkt bezeichnet, und bis zu welcher die Proberöhre mit der zu untersuchenden Quecksilberlauge angefüllt wird. Genau bei dem doppelten Volum ist die zweite Hauptmarke angebracht, die gewöhnlich mit 2 bezeichnet wird. Zwischen 0 und 2 und etwas über 2 hinaus sind dann weitere Marken angebracht, welche in der Nähe von 2 am meisten ins Detail ausgeführt sind, und deren Bezeichnung sich nach dem Gesagten einfach aus der Proportion der Volumina ergiebt. Ist die Quecksilbersublimatlösung in der That eine $^2/_3$ procentige, ist von derselben bis zum Nullpunkt in die Proberöhre eingefüllt, und beginnt man nun mit dem Zusatz

*) Von einem einzigen Versuch einer solchen Combination wird später kurz die Rede sein (S. 159).

**) Früher wurde an anderen Orten auch wohl eine höhere Concentration bis zu 2 Proc. verwendet; über den Einfluß der Concentrationen siehe später S. 159.

von der Jodkaliumflüssigkeit in dieselbe Proberöhre, so wird natürlich anfangs ein rother (bei Verunreinigung der Lauge durch Extractivstoffe aus dem Holze auch gelblich gefärbter) Niederschlag von Quecksilberjodid entstehen, bei Zusatz des halben Volums Jodkaliumlösung bis zum Theilstrich 1, wo man nach der Titerstellung dieser Lösung gerade ein Aequivalent Jodkalium auf ein Aequivalent Sublimat hat, muß die Ausscheidung des Quecksilbers als Quecksilberjodid eine vollständige sein. Wenn man nun noch weiter Jodkalium zusetzt, so beginnt die Bildung eines farblosen und sehr leicht löslichen Doppelsalzes von Quecksilberjodid und Jodkalium im Verhältniß der Aequivalente oder einer gleichen Anzahl von Jodatomen. Die Folge davon ist, daß bei weiterm Jodkaliumzusatz der rothe Niederschlag sich wieder auflöst in dem Maßstabe, als sich das Doppelsalz bilden kann, und bei dem Theilstriche 2, wo wir (immer vorausgesetzt, daß wir es mit einer Normallauge zu thun haben) genau 2 Aequivalente Jodkalium auf ein Aequivalent Sublimat haben, wird alles Quecksilberjodid in das Doppelsalz verwandelt sein; also bei diesem Theilstriche werden die letzten Spuren des rothen Niederschlags verschwinden — ein Punkt, der mit großer Sicherheit festgestellt werden kann. Ist die Lauge durch unrichtige Herstellung, wie dies leicht in Folge der Schwierigkeit der Abschätzung der Hohlräume, welche zwischen dem in die Einlaugegefäße eingetragenen Holze bleiben, eintreten kann, eine zu concentrirte, so ist bis zum Eintritt des bezeichneten kritischen Punktes natürlich Zusatz von mehr Jodkaliumflüssigkeit, als bis zum Theilstriche 2 nöthig. Ist die Lauge aus demselben Grunde oder wegen des Verbrauchs von Sublimattheilchen durch Fixirung im Holze während des Einlaugens schwächer als $^2/_3$ procentig, so tritt natürlich die Beendigung der Reaction schon vor dem Theilstrich 2 ein, und dient die vorhandene Markirung dazu, den Mehr- oder Mindergehalt genau festzustellen, um dann durch Zusatz einer berechneten Menge von Wasser oder von concentrirter Sublimatflüssigkeit abhelfen zu können.

Das ganze Titrirverfahren ist, wie man sieht, äußerst einfach; man ist nach einiger Uebung im Stande, in einer Stunde etwa 25 Proben mit zureichender Genauigkeit auszuführen. Zu beachten ist nur, daß vor der Probenahme die Lauge gut umgerührt werden muß, da nicht bloß nach geschehenem Zusatz von concentrirter Sublimatflüssigkeit, sondern auch später, in Folge der Fixirung von Quecksilbersalz im Holze leicht eine ungleiche Concentration in verschiedenen Theilen der Einlaugungsgefäße vorhanden ist. Ferner muß selbstverständlich der Zusatz der Probeflüssigkeit in der Nähe des kritischen Punktes nur tropfenweise geschehen und außerdem für ein gründliches Vermischen der beiden Flüssigkeiten im Probecylinder durch Umkehren bei aufgelegtem Daumen Sorge getragen werden.

Als Einlaugungsgefäße können je nach den Dimensionen der Hölzer sehr verschiedenartige Gefäße dienen. Nur sind bei deren Construction, wie auch bei den übrigen Gefäßen, mit denen die Lauge in Berührung kommt, Eisenconstructionen thunlichst zu vermeiden, da Eisen bei Berührung mit der Salzlösung (ganz analog zu dessen Einwirkung auf Kupferlösungen) metallisches Quecksilber auf sich niederschlägt und selbst dafür an Chlor gebunden in Lösung geht. In Folge dessen werden Eisentheile, die sich an den Einlaugungsgefäßen oder an den Pumpen befinden, unter Schwächung der Lauge rasch corrodirt, und werden daher,

wenn irgend möglich, ausgeschlossen oder wenigstens mit einem dicken Firniß überzogen. Wo indessen die Berührung nur vorübergehend ist, wie bei den Auflösungsgefäßen, da kann auch zur Noth Eisen verwendet werden. Besagte corrodirende Wirkung scheint auch das kyanisirte Holz selbst noch auszuüben; wenigstens wendet man die Eisennägel, welche z. B. bei den Eisenbahnschwellen zur Bezeichnung des Jahrgangs dienen, mit Vortheil nur im verzinnten Zustande an, während allerdings für die Berührung mit den Schienenkloben keine Vorsichtsmaßregeln bestehen.

Eine nähere Beschreibung des Kyanisirungsverfahrens ist nur möglich, wenn

Fig. 24.

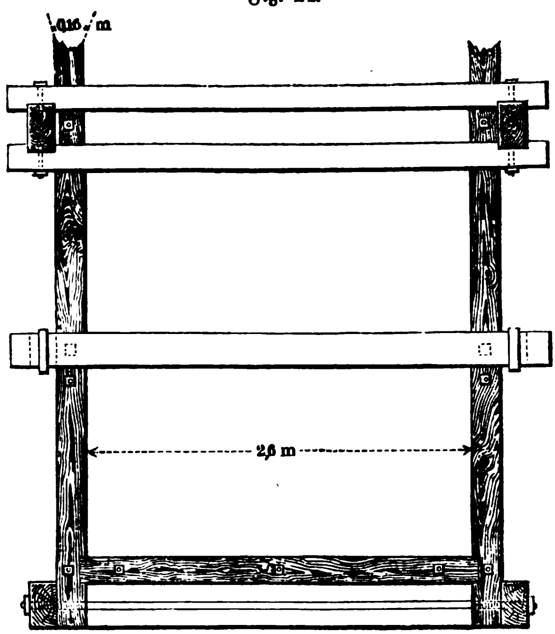
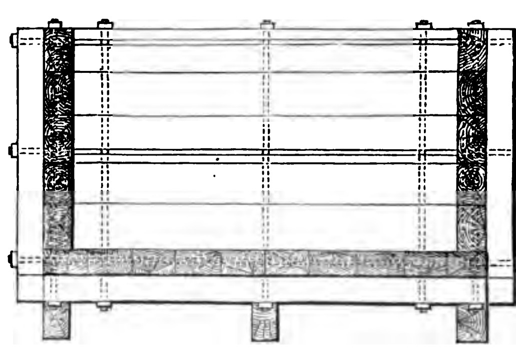


Fig. 25.



Kyanisirungskasten der badischen Eisenbahn; nach Baumeister.

wir noch mehr specialisiren, da Dimensionen und Construction der Einlaugungsgefäße ꝛc. selbstverständlich von der Art der zu imprägnirenden Hölzer abhängig sind. Wir wenden uns daher der Darstellung des Verfahrens zu, wie es seit langer Zeit im Großherzogthum **Baden** zur Conservirung der Bahnschwellen besteht, und wie es der Verfasser als mehrjähriger Kyanisirungschemiker der badischen Eisenbahnen genau kennt. Die, wenigstens rein technisch betrachtet, brillanten Erfolge des in Rede stehenden Verfahrens rechtfertigen das detaillirtere Eingehen auf diesen Gegenstand.

Die Imprägnirungsgefäße für Schwellen sind bei den badischen Bahnen hölzerne Kästen*) (vergl. Fig. 24, 25) von 6 bis 10 m Länge, etwa 1·4 m Höhe und einer Breite, die etwas mehr beträgt, als die Länge der gewöhnlichen Bahnschwellen, nämlich 2·6 m. Die Kästen selbst sind construirt durch Aneinanderpassen sehr scharfkantiger Schwellen aus Kiefernholz von einer Stärke von ungefähr 16 cm. Die zu Wänden zusammengefügten Schwellen sind durch eichene Bohlen vor Verschiebung sichergestellt, und zugleich durch eiserne Anker an einander gepreßt. Zur Dichtung der auch zwischen gutgehobelten Hölzern verbleibenden Fugen dienen Lagen von Werch und ein Kitt aus Oel, Wachs und Harz, der vor dem Zusammensetzen des Kastens warm und flüssig auf jede neuaufgesetzte Schwelle gestrichen wird.

Die Kästen stehen auf Gerüsten, um Undichtheiten leicht erkennen und ausbessern zu können, resp. durch Unterstellen von Gefäßen einstweilen abhelfen zu können. Da gleichzeitig der obere Rand der Kästen, um die Arbeit des Ein- und Austragens der Hölzer möglichst zu vereinfachen, zweckmäßig beinahe in Schulterhöhe über dem Boden des Kyanisirungsgebäudes, dieses aber in gleicher Höhe mit den Böden der Eisenbahnwagen sich befindet, so ist, um bequem noch unter die Kästen gelangen zu können, die Construction jener Gerüste theilweise unter dem Erdboden anzubringen.

In die fertigen leeren Kästen werden darauf die völlig zugeschnittenen und sogar an der Auflagerungsstelle der Schienen schon mit dem betreffenden Einschnitte versehenen Hölzer geschichtet. Die vorausgehende völlige Zurichtung hat weniger den Zweck, den Abfall imprägnirter Holzabschnitte und damit eine geringe Sublimatverschwendung zu verhüten, als vielmehr die Exponirung von der Holzoberfläche entfernter und darum vielleicht unvollkommen imprägnirter Holztheile den Fäulnißfactoren gegenüber zu vermeiden. Die ursprünglich gegebene Regel, daß sich die eingebrachten Schwellen weder in den Schichten neben einander noch in den Schichten über einander berühren und durch Dazwischenlegen von Latten getrennt erhalten werden sollen, wird wenigstens in Bezug auf die seitlich liegenden Schwellen nicht mehr strenge innegehalten. — Da weitaus die meisten Hölzer natürlich in der nachher zuzupumpenden Flüssigkeit schwimmen würden, so wird die oberste Schicht gegen die zur Construction des Kasten gehörigen oben überlaufenden Querbalken festgekeilt.

Alsdann läßt man die Flüssigkeit zutreten. — Hat man keine Lauge aus einer frühern Operation vorräthig, so pumpt man am besten bloßes Wasser an und giebt dann den erfahrungsmäßigen Zusatz von concentrirter Sublimatlösung,

*) Siehe auch **Baumeister**: A. a. O. S 135.

um eine Normallauge zu erhalten. In jedem Falle wird auch nach geschehenem Zusatze und dann etwa nach 2 bis 3 Tagen wieder geprüft und aus dem etwa gefundenen Mindergehalt der nöthige Zusatz berechnet. Man hat vorgeschlagen, schon auf die Proberöhren, anstatt willkürlich gewählter Zahlen, den nöthigen Zusatz an Sublimat zu verzeichnen, und offenbar wäre dies möglich, wenn Größe der Kästen und das Volum des eingelaugten Holzes in allen Fällen das Gleiche wäre. Allein das letztere ist niemals der Fall, auch wenn man nur Schwellen und niemals Telegraphenstangen und andere Eisenbahnhölzer in die Kästen bringen würde, da verschieden geschnittene Schwellen sehr beträchtlich verschiedene Volumina einnehmen. Außerdem ist die Berechnung nach einigen erfahrungsmäßigen Ermittelungen so einfach, daß man besser die gewöhnliche Eintheilung der Proberöhren beibehält.

Die Einlaugung selbst dauert in der Regel für Schwellen aus Nadelholz 8 bis 10, für solche aus Eichenholz, das sich sehr viel langsamer vollsaugt, 12 bis 14 Tage. Nur wo Private Lieferungen von kyanisirten Hölzern übernehmen und keine Ueberwachung des Verfahrens seitens des Uebernehmers stattfindet (die zweckmäßigerweise immer gehandhabt werden sollte), tritt häufig eine bedeutende Abkürzung der Einlaugedauer ein. Hierdurch wird nicht bloß an Zeit, sondern auch an Sublimat gespart, natürlich auf Kosten der Dauerhaftigkeit der präparirten Hölzer, obschon vielleicht zugegeben werden kann, daß jene üblichen Zeiten auf keiner genügenden Grundlage von Erfahrungen über die Dauerhaftigkeit der resultirenden Hölzer fundirt sind.

Während des Einlaugens findet, wie gesagt, eine anfangs raschere, dann langsamer werdende Abnahme im Sublimatgehalt der Lauge statt. Das Quecksilbersalz wird im Holze fixirt*), vermuthlich, indem es als solches mit proteïnartigen Stoffen in demselben unlösliche Verbindungen eingeht; denn derartige Reactionen sind für das Quecksilbersalz, wie für die meisten conservirend wirkenden Stoffe bekannt, und man hat ja eben die fäulnißwidrige Wirkung solcher Stoffe in erster Linie aus dieser Reaction erklärt.

Die Raschheit des Zurückgehens der Lauge, welchem durch periodische Prüfung und eventuell Zusatz von concentrirter Sublimatlösung das Gleichgewicht gehalten wird, ist von einer Reihe von Umständen abhängig, die zu kennen wichtig ist. Vor Allem tritt eine Beziehung an's Licht, die a priori hätte vorausgesehen werden können; ich meine die Steigerung der Schnelligkeit der Concentrationsverminderung durch eine höhere Temperatur. Dieselbe ist, wenn man von Zeit zu Zeit den Gehalt der Laugen controlirt, sehr auffallend und muß natürlich erklärt werden aus dem fördernden Einfluß, den die Wärme einmal auf das Stattfinden einer jeden osmotischen Bewegung und dann auf den Vollzug sehr vieler chemischen Reactionen hat. Die Constatirung einer merklichen Beeinflussung in dieser Richtung müßte eigentlich eine verschiedene Normirung der Zeitdauer des normalen Einlaugens bei Winter- und Sommertemperatur zur Folge haben. Allein dies ist im praktischen Betrieb bis jetzt nicht der Fall. Auch hat man aus der Beobachtung noch keineswegs in der Weise Nutzen gezogen, daß man durch Einleiten von Dampf in die Flüssigkeit die Temperatur zu steigern und Zeit zu gewinnen gesucht

---

*) Ueber die Menge auf den Cubikmeter Holz siehe später bei der Kostenberechnung S. 158.

hätte. — Freilich dürfte eine solche Temperatursteigerung wegen der außerordentlichen Gesundheitsschädlichkeit der Dämpfe von Quecksilbersalzen nicht sehr weit gehen.

Ferner wird die Raschheit der Concentrationsverringerung außerordentlich von der Trockenheit der eingelaugten Hölzer beeinflußt. Trockene Hölzer saugen eben durch Capillarthätigkeit Flüssigkeit ein, während durch und durch feuchte allein auf die osmotische Bewegung der Flüssigkeitsmoleküle angewiesen sind, und so wird in dem erstern Falle auch dem chemischen Proceß mehr Vorschub geleistet. Auch auf diese Verschiedenheit wird beim gewöhnlichen Betrieb keine Rücksicht genommen, noch durch vorausgehendes Dörren das Verfahren abgekürzt. Nur sorgt man dafür, daß die einzulaugenden Hölzer vorher beim Lagern nicht allzusehr dem Regen exponirt sind, während eine solche Vorsicht bei den schon kyanisirten Schwellen für überflüssig angesehen wird.

Ist die für das Imprägniren festgesetzte Zeit verstrichen, so wird die Lauge mit einer Pumpe, an der jede Eisenconstruction vermieden ist, abgepumpt. Dieselbe kann, da sie, namentlich bei Imprägnirung von Nadelhölzern, nur sehr wenig von Extractivstoffen aus dem Holze verunreinigt ist, sofort zu einer neuen Kyanisirung verwendet werden, selbstverständlich unter Regulirung ihres Gehaltes. Ueberhaupt hat die Verunreinigung, die bei Imprägnirung von Eichenholz sehr merklich ist, bald ihre Grenze erreicht, über die hinaus keine Extractivstoffe in merklichen Mengen mehr an sie übergehen, und so kann die Lauge fort und fort ohne jeglichen Abfall wieder verwendet werden. Mit diesem Umstande steht die Einrichtung in Zusammenhang, daß die einfachsten Kyanisiranstalten doch zweckmäßig mindestens 2 Kästen zum alternirenden Gebrauch besitzen müssen. Größere Anstalten besitzen meistens 6 bis 12 solcher Kästen, von denen dann immer einer als Reservekasten zur Aufnahme abgepumpter Laugen verwendet wird.

Nur im strengen Winter ist man nach dem jetzt üblichen Verfahren gezwungen, den Betrieb einzustellen, da die verdünnte Lauge ungefähr mit derselben Leichtigkeit gefriert, wie reines Wasser, und hierdurch natürlich das Einlaugen verhindert wird. Da das compacte Eis nur sehr geringe Spuren von Sublimat zu enthalten pflegt, so kann man sich im Frühjahr die Wiederaufnahme des Betriebs durch Hinauswerfen der Eisstücke sehr erleichtern, indem deren Aufthauen lange Zeit hinweg nimmt, und dieselben durch Abkühlung die Intensität der erfolgenden Fixirung von Sublimat im Holze beeinträchtigen. Doch thut man wohl, sich vorher von dem Gehalt des Eises an Sublimat zu überzeugen, da man sonst bei dem hohen Preise des Sublimats selbst in kleinen Mengen erhebliche Werthe vernichten kann.

Was die Gefahren des Kyanisirens für die menschliche Gesundheit betrifft, so sind dieselben bei Beobachtung der vorgeschriebenen Vorsichtsmaßregeln geringer, als man gewöhnlich glaubt. Diese Vorsichtsmaßregeln beziehen sich vorwiegend auf die Behandlung des ungelösten Sublimats, der als Pulver in den Handel gebracht wird und daher zum Stäuben neigt. Ist einmal der giftige Stoff in Wasser gelöst, so ist die eigentliche Gefahr vorbei. Es besteht daher die Vorschrift, das Abwägen und Auflösen des Sublimats nur durch Leute besorgen zu lassen, deren Mund und Nase durch Tücher vor dem Einathmen des dabei entstehenden Staubes bewahrt sind. Außerdem dienen eigens hierzu construirte hölzerne Kästchen, die sogleich verschlossen werden können, zum Abwiegen und Eintragen des

Sublimats in das erwärmte Wasser. Schließlich werden alle Arbeiter angehalten, auch wenn sie nur kyanisirte Hölzer ausgetragen haben oder sonst in irgend eine Berührung mit dem Sublimate gekommen sind, sich die Hände vor dem Weggehen und vor jeder Mahlzeit gründlich zu reinigen*).

Die Gesundheitsstörungen, die trotz der strengen Handhabung dieser Vorsichtsmaßregeln sich einstellen, sind meistens nicht ernster Natur und bestehen gewöhnlich nach vieljährigem Arbeiten in den Kyanisiranstalten in einem Schwarzwerden und einer Lockerung der Zähne. Einzelne Personen freilich sind specifisch empfindlich für Quecksilbervergiftung, wie man ja eine solche launenhafte Individualität auch anderen Giften gegenüber beobachtet hat, und diese Leute werden auf ärztliches Gutachten hin in der Regel rasch aus den Anstalten entfernt. Andere Individuen sind Jahrzehnte in dem Geschäfte, ja vielleicht auch noch leichtsinnig bezüglich der Handhabung der Vorsichtsmaßregeln, ohne je ernstlichere Vergiftungssymptome verspürt zu haben. — Früher verabreichte man auch wohl in den Badischen Kyanisiranstalten Gegenmittel gegen etwa eintretende Vergiftungen in der Form von Zuckerwasser und Eiern. Allein man constatirte bald, wie leicht begreiflich, den übertriebensten Mißbrauch mit diesen Mitteln von Seiten der Arbeiter — ein Jeder wollte Vergiftungssymptome an sich bemerken —, ohne daß man von der Wirksamkeit jener in ernstlichen Fällen sich überzeugen konnte. Kurz man hat die Verabreichung solcher „Gegengifte" später wieder aufgegeben.

Alles in Allem genommen sind die Erfahrungen über den schädlichen Einfluß des Kyanisirverfahrens auf die menschliche Gesundheit so günstige, daß, wie wir schon früher hervorgehoben haben, hieraus kein ernstlicher Einwurf gegen das in Rede stehende Imprägnirungssystem abgeleitet werden kann.

Wir kommen nun auf die Resultate des Kyanisirverfahrens näher zu sprechen. Wenn man diese Resultate lediglich nach dem analytisch nachweisbaren Eindringen von Sublimat in die Hölzer im Voraus beurtheilen wollte, so würde die Kritik der Methode vielleicht nicht sehr günstig ausfallen. Der Querschnitt eines die vorgeschriebene Dauer hindurch kyanisirten Schwellenholzes mit Schwefelammonium behandelt, zeigt nur auf einem verhältnißmäßig schmalen Ringe von der Außenfläche an eine dunkle Färbung, das Innere des Holzes bleibt bei Berührung mit diesem Reagenz durchaus ungefärbt, es sei denn, daß man die Querschnitte ganz in der Nähe der Hirnflächen, durch welche das Salz natürlich verhältnißmäßig leicht eintritt, gemacht habe. Man sollte nun denken, daß dieser durch das Kyanisiren anscheinend unveränderte innere Holzkörper der Fäulniß noch ebenso zugänglich sein müsse, wie vorher, namentlich wenn durch nachträglich entstandene Risse dies Innere den Factoren der Holzfäulniß bloßgelegt wurde, und hierauf haben sich auch die Bekämpfer des Kyanisirens gestützt. Allein dem ist nicht so, denn die praktischen Erfahrungen über die Dauerhaftigkeit der kyanisirten Hölzer sind, wie wir schon früher hervorgehoben haben, ausgezeichnet. 20 Jahre und noch längere Zeit im Boden liegende Schwellen, die nach der fraglichen Methode präparirt waren, hat man, wenn nicht mechanische Verletzungen vorlagen, auf den Bahn-

*) Tuchhandschuhe, die beim Austragen der nassen Hölzer an manchen Anstalten in Gebrauch sind, gewähren wegen rascher Durchtränkung nur unerheblichen Schutz.

strecken unversehrt wieder aufgefunden, und gerade diese glänzenden Erfahrungen gaben Veranlassung in Baden zu der eine Zeitlang wegen ihrer Kostspieligkeit verlassenen Methode wieder zurückzukehren*).

Eine andere Frage ist freilich die, wie diese günstigen Erfahrungen zu erklären sind — ob Spuren von Sublimat, deren analytischer Nachweis Schwierigkeiten macht, schon zur Conservirung des innern Holzkörpers genügen, ob das flüchtige Salz nach dem Austrocknen der Hölzer noch auf dem Wege der Sublimation weiter dringt, oder ob das Holzinnere nur durch die Umhüllung mit einer nicht faulenden Holzschicht passiv erhalten bleibt — wir wollen uns hierüber kein Urtheil erlauben**). Jedenfalls folgt aus dem mitgetheilten Umstand die praktisch wichtige Thatsache, daß man sich nicht leicht durch den analytischen Befund von der hinreichenden Kyanisirung eines Holzes überzeugen kann, wie dies ja für das Boucherie'sche Verfahren wohl möglich ist und praktisch geübt wird***). Man ist also gezwungen, bei der Ausschreibung von Lieferungen von kyanisirten Hölzern die Dauer des Kyanisirens und selbstverständlich auch die Stärke der angewendeten Lösung contractlich zu normiren, und sich von der Einhaltung des Contractes durch Controlirung der Kyanisiranstalten (auch wohl durch die Vereidigung des Kyanisiraufsehers) zu versichern, da man für die Controlirung der gelieferten Waare keine genügenden analytischen Anhaltspunkte besitzt. Wo dies unterlassen wird, da pflegt, wie der Verfasser aus eigener Erfahrung weiß, die Kyanisirungsdauer durch Concurrenz der Lieferanten auf wenig Tage heruntergedrückt und eine Waare geliefert zu werden, die voraussichtlich von erheblich geringerer Dauer sein muß.

Auch außerhalb von Baden hat das Kyanisirverfahren neuerdings sehr an Verbreitung gewonnen, theilweise andere Methoden der Imprägnirung verdrängend, theilweise an die Stelle der Verwendung unpräparirter Hölzer tretend. Baumeister führt†) eine ganze Reihe von Bahnen an, die sich gegenwärtig der Methode für Schwellen, Brückenhölzer und Telegraphenstangen bedienen. Auch das Kyanisiren von Rebpfählen ist neuerdings mit großem Erfolge eingeführt worden, und es besteht in Baden ein ausgedehnter Handel mit so präparirten Pfählen, durch deren Verwendung dem fortwährenden Abfaulen des im Boden steckenden Holzes eine Grenze gesetzt ist. — Selbstverständlich würde man auch mit dem besten Erfolge Hopfenstangen, Bohnenstangen, Geländerpfähle in gleicher Weise behandeln können.

---

*) Man hat kyanisirtes Holz sogar den möglichst ungünstigen Bedingungen für die Conservirung ausgesetzt, dasselbe nämlich geradezu in Gruben voll vermodernder Substanzen gelegt, und dennoch eine große Dauer constatirt. — Einige ungünstigere Nachrichten siehe bei Nördlinger: Pfeil's kritische Blätter 2c. 1864, I, S. 69. Darnach sollen z. B. manche Seewürmer kyanisirtes Holz nicht verschonen. Siehe ferner Förster's Allgem. Bauzeitung 1857, S. 191.

**) Auch könnte die chemische Bindung möglicher Weise eine so innige sein, daß die gewöhnlichen Reagenzien ihre charakteristischen Reactionen versagten. Bemerkenswerth ist immer, daß man durch Waschen mit Wasser dem kyanisirten Holze nur sehr wenig von seinem Quecksilbersalze entziehen kann.

***) Durch Analyse von Holzabschnitten der gelieferten Waare.

†) Siehe a. a. O. S. 134.

So unanfechtbar günstig man sich über das Kyanisirverfahren in rein technischer Hinsicht aussprechen muß, so liegt doch einiges Bedenken gegen dessen allgemeine Empfehlung in der wirthschaftlichen Seite der Frage. Die Manipulation selber ist zwar die denkbar einfachste und daher eine wenig kostspielige. Um so theurer ist dagegen der Sublimat selber. Zwar ist dessen Preis bei Wiederaufnahme des Kyanisirverfahrens in Baden Ende der 50er Jahre kein sehr hoher gewesen, und eine Zeitlang schmeichelte man sich, daß er noch weiter sinken werde. Indessen hat sich jetzt herausgestellt, daß die wenigen Quecksilberbergwerke nur sehr begrenzte Mengen dieses flüssigen Metalls zu liefern vermögen, und der Preis des Sublimats ist daher jetzt, bei der Ausdehnung, welche das Kyanisirverfahren genommen hat, im fortwährenden Steigen begriffen. In kurzer Zeit ist der Preis von 100 Kg Sublimats (in beinahe chemisch reiner Form, wie er in den Handel kommt) von 140 Thaler auf 200 Thaler gestiegen. Bei einem Preise von 200 Thalern berechnen sich nach den Aufzeichnungen des badischen Eisenbahnbetriebes die Kyanisirungskosten folgendermaßen:

Sublimat wird nach dem üblichen Verfahren etwa 1 Kg vom Cubikmeter Holz fixirt*), das macht also 2 Thlr., dazu 36 Sgr. Arbeitslohn, so daß der Cubikmeter Holz 3 Thlr. 6 Sgr. zu kyanisiren kostet. Auf die einzelne Schwelle macht das etwa den neunten Theil hiervon, also 10 Sgr. 8 Pfg., also eine sehr erhebliche Vertheuerung, wovon der größere Theil auf die Kosten des Sublimats gesetzt werden muß. Wenn es nun auch keiner Frage unterworfen ist, daß eine derartige Vertheuerung, wenigstens bei den jetzigen Holzpreisen, sich durch die längere Dauer bezahlt macht, so ist es doch fraglich, ob nicht andere Methoden der Conservirung, z. B. die nachher zu besprechende mittelst der schweren Theeröle, wenn sie auch technisch nicht ganz dasselbe leisten, wirthschaftlich dem Kyanisiren vorzuziehen sind. Nur etwas ist noch in dieser Beziehung zu Gunsten des Kyanisirens hervorzuheben, nämlich daß die hohen Kosten des Verfahrens fast sämmtlich laufende sind und dasselbe nur sehr geringe Capitalanlagen beansprucht, während alle Imprägnirungssysteme, welche auf die Anwendung von Maschinen begründet sind, in dieser Hinsicht große Voraussetzungen erfordern. Eine Folge davon ist, daß das Kyanisiren als Uebergangs- oder Probesystem viele Vortheile bietet, und daß es sich dadurch für die Conservirung der Eisenbahnschwellen, namentlich in jetziger Zeit, wo immer dringender die Frage nach dem völligen Verlassen des Holzunterbaues erörtert wird, eignet.

In Bezug auf die Verwendung kyanisirter Hölzer haben wir noch zu bemerken, daß auch hierbei auf die große Giftigkeit der Imprägnirungssubstanz und damit der imprägnirten Hölzer Rücksicht zu nehmen ist, so daß es sich nicht empfiehlt, solche zu menschlichen Wohnungen, Geländern, die etwa vom Vieh beleckt werden könnten, Ställen und dergleichen zu verwenden**). Auch hat man mit Recht dagegen protestirt, Abfälle kyanisirter Hölzer oder unbrauchbar gewordene

*) Dies ist eine Durchschnittszahl. Trocknes Nadelholz schluckt erheblich mehr, so daß die Kosten des Imprägnirens einer Schwelle sich bis zu 18 Sgr. belaufen.

**) Auch bei der Verwendung kyanisirten Holzes zu Treibhäusern will man nachtheilige Einflüsse auf die Vegetation der Pflanzen bemerkt haben.

kyanisirte Hölzer zum Brand in Räumen, wo Menschen sich aufhalten, zu verwenden.

Warum man beim Imprägniren mit Quecksilbersublimat bei Anwendung der beschriebenen einfachen Apparate ohne Hochdruck stehen blieb, haben wir vorhin erörtert. Hier muß noch anhangsweise hinzugesetzt werden, daß die Verwendung von Hochdruck (7 Atmosphären) in England, wo man überhaupt mit den Resultaten bei Niederdruck nicht so außerordentlich zufrieden war, wenigstens versucht worden ist. Allein ein bleibendes System konnte auf diese Combination schon deshalb nicht begründet werden, weil es bei der Construction complicirter Druckapparate beinahe unmöglich ist, das Eisen völlig zu vermeiden. Die Anpassung des Boucherie'schen Verfahrens für Quecksilbersalze würde größere Aussicht auf Erfolg haben.

Auch andere Concentrationen der Sublimatflüssigkeit als die beim Kyanisiren üblichen wurden vorgeschlagen, und man hat wohl hier wie für andere Imprägnirungsmethoden gehofft, durch Anwendung concentrirterer Lösungen rascher und vollständiger zum Ziel zu gelangen. Allein es ist eine sehr allgemeine Erfahrung bei der Imprägnirung mit den verschiedensten Flüssigkeiten, daß man durch Anwendung concentrirterer Lösungen durchaus nicht entsprechend mehr erreicht, als durch Anwendung ganz verdünnter, namentlich aber, wo es sich um eine active Fixirung der Substanz durch eine chemische Reaction im Holzkörper handelt; und diese Beobachtung hat sich auch für das Imprägniren mit Sublimat durchaus bestätigt. Sind die Angaben, die gemacht worden, zuverlässig, so wird sogar vom Holze bei größerer Concentration der Sublimatlösung weniger des Quecksilbersalzes niedergeschlagen, vielleicht weil zu schnell in den äußersten Holzschichten eine Verstopfung entsteht, welche eine weitere osmotische Bewegung verhindert.

Imprägniren mit arseniger Säure. Bekanntlich zeichnet der weiße 116
Arsenik oder chemisch: die arsenige Säure sich durch ihre höchst giftigen Eigenschaften und gleichzeitig durch ihre conservirende Wirkung auf fäulnißfähige organische Substanzen aus, wie denn überhaupt diese beiden Eigenschaften sehr häufig, zum Theil aus leicht zu übersehenden und jedenfalls aus tiefliegenden Gründen zusammengehen. Bekannt ist die conservirende Eigenschaft der arsenigen Säure, die sie auf Leichen, namentlich auf die Umgebung des Magens nach Vergiftungen, ausübt, woran ja häufig erst das Vorliegen eines Vergiftungsfalls erkannt wird. Man hat denn auch von dieser conservirenden Eigenschaft mannigfachen Gebrauch zur Erhaltung von thierischen Präparaten in zoologischen und anatomischen Cabinetten gemacht, und auch für die Conservirung des Holzes hat man die arsenige Säure vorgeschlagen*). Hier tritt nun aber die außerordentliche Giftigkeit des Stoffes in Wahrheit hindernd entgegen, denn nicht bloß, daß die arsenige Säure weit heftiger auf den menschlichen Organismus einwirkt, als der Sublimat, und auch ein verbrecherischer Mißbrauch mit derselben außerordentlich viel leichter ist, an conservirender Fähigkeit steht sie dem Quecksilbersublimat nach vergleichenden

*) In England wurden mit dieser Substanz Versuche gemacht; vergl. Payen: Chimie industr. 1851, p. 391.

Versuchen, von denen schon früher die Rede war*), entschieden nach. Außerdem würde die Schwerlöslichkeit der arsenigen Säure für die Imprägnirung dickerer Holzmassen, zu deren Durchdringung Leichtlöslichkeit und osmotisches Vermögen einen großen Vorsprung gewähren, ein Hinderniß für deren Anwendung bei der Holzimprägnirung sein. — Wir übergehen daher die weitere Besprechung dieser Substanz als bedeutungslos für die Holzconservirung.

117 **Sonstige Imprägnirungsversuche mit anorganischen Stoffen.** Da für das Imprägniren mit anorganischen Substanzen außer den behandelten Methoden noch mannigfache Vorschläge gemacht worden sind, es aber bei der bis dahin geringen Bedeutung derselben nicht zu rechtfertigen wäre, wollte man dieselben alle gesondert behandeln, so sei denselben hier ein gemeinschaftlicher Passus gewidmet.

Von einzelnen Imprägnirungsstoffen wäre hier nur etwa noch der Borax, das zweifach borsaure Natron zu erwähnen. Ein Imprägnirungsverfahren, auf diese Substanz begründet, ist vor Kurzem einem Sigism. Beer in Newyork patentirt worden**). Derselbe behandelt Holz mit concentrirter siedender Boraxlösung bei gewöhnlichem Druck, und will hierdurch nicht bloß völligen Schutz vor Fäulniß und Insectenfraß, sondern auch vor Feuersgefahr gewähren. Auf den letzten Punkt werden wir noch später in einem eigenen kleinen Abschnitt zurückkommen. Was die ersteren betrifft, so kann es sich wohl beim Beer'schen Verfahren nur um die Behandlung kleinerer Holzmassen handeln. Dahin deutet auch die Angabe, daß man durch Auflösen von Schellack und anderen Harzen in der Boraxlösung das Holz völlig wasserdicht zu machen vermöchte. An hygroskopischen Eigenschaften soll das Holz schon durch bloße Behandlung mit der Boraxlösung einbüßen. Die Bedeutung des Beer'schen Vorschlags für die Praxis der Holzconservirung bleibt abzuwarten.

Als wahrhaft ingeniös, wenn auch bis jetzt ohne hervorragende praktische Bedeutung, verdient der Gedanke Payne's bezeichnet zu werden, welcher vorschlug, nach einander zwei Imprägnirungssubstanzen, die in Berührung mit einander eine unlösliche Verbindung bilden, unter Hochdruck dem Holze einzuverleiben. Es soll auf diese Weise nicht bloß das Wiederauswaschen der eingedrungenen Substanzen verhindert werden, sondern es wird auch die Nebenidee damit verbunden, dem Holze durch Einverleibung großer Mengen fester Stoffe andere Eigenschaften, größere specifische Schwere, Härte, eine andere Farbe, vielleicht auch Politurfähigkeit ꝛc. zu verleihen. Das Problem wurde vom Erfinder als Metallisiren des Holzes bezeichnet. Die eine Substanz, welche Payne verwendete, war Eisenvitriol, den wir auch schon früher als eine für sich verwendete Imprägnirungssubstanz, obwohl nicht von sehr hervorragenden conservirenden Eigenschaften kennen gelernt haben. Die andere Substanz war meistens Schwefelbaryum***), manchmal

*) Siehe S. 129.

**) Vergl. Heyer: Allgem. Forst- u. Jagdzeitung 1871, Novemb., S. 439.

***) Diese Combination ist von Watteen empfohlen worden; vergl. Payen: Chimie industr. 1851, p. 390.

auch Schwefelcalcium oder gar Chlorcalcium. Im ersten Falle war die Entstehung zweier unlöslichen Substanzen, schwefelsaurer Baryt und Schwefeleisen, im zweiten Falle die Entstehung einer wenigstens schwer löslichen Substanz, des Gypses, neben Schwefeleisen beabsichtigt. Für die letztgenannte Combination ist ein Sinn kaum abzusehen*). — Weiter wurde versucht, Wasserglas und Kalkmilch (auch Wasserglas und Eisenvitriol) successive zu verwenden und so unlösliche Silicate im Holze zu erzeugen, das Holz gleichsam zu „versteinern“**). Allein dieser Vorschlag leidet an dem sehr schwer wiegenden Gebrechen, daß eine freie alkalische Erde resp. ein Alkali in das Holz eingeführt wird, wodurch manche Zersetzungserscheinungen außerordentlich befördert werden würden.

Aber selbst jener erste Vorschlag, dem ein Vorwurf vom chemischen Gesichtspunkte aus nicht zu machen ist, hat sich als praktisch nicht verwerthbar gezeigt; denn, wenn es auch keine Schwierigkeiten macht, unter Hochdruck eine Imprägnirung mit der ersten der beiden Imprägnirungsflüssigkeiten zu bewerkstelligen, so stellen sich doch der Durchdringung mit der zweiten unübersteigliche Hindernisse in den Weg — Hindernisse, die dadurch erzeugt werden, daß eben durch den Vollzug der Reaction, die beide Substanzen auf einander ausüben, gleich in den äußersten Holzschichten Verstopfungen hervorgerufen werden, welche ein weiteres Eindringen nicht gestatten. Wir stoßen also hier ganz auf dieselbe Schwierigkeit, welche einer einfachen Imprägnirungsflüssigkeit, die mit den Inhaltskörpern der Holzzellen unlösliche Verbindungen eingeht, ein tieferes Eindringen in den Holzkörper häufig verwehrt, und welche in dem jetzt vorliegenden Fall selbst durch hohe Drucke nicht überwunden werden kann. In der That sind die Erfahrungen, welche man namentlich in Frankreich mit dem Payne'schen Imprägnirungssystem gemacht hat, sehr ungünstige***).

So wenig also dem sinnreichen Payne'schen Problem bis jetzt eine praktische Bedeutung zukommt, so nöthig erschien es doch, wenigstens dieses Problem hier kurz zu erörtern.

Erwähnt mag dann noch werden, daß auch Thonerdesalze zum Imprägniren des Holzes vorgeschlagen worden sind. Die conservirende Wirkung des Alaunes auf thierische Präparate ist bekannt, seine Verwendung in der Weißgerberei beruht ja zum Theil auf diesen Eigenschaften. Man hat nun auch den gewöhnlichen Alaun sowohl als auch die essigsaure Thonerde (die gleichfalls in der Weiß-

*) Es existirt übrigens noch eine größere Anzahl derartiger Combinationen, nämlich Eisenvitriol und holzessigsauren Kalk successive anzuwenden, ebenso Kupferchlorür und dann Soda- oder Aetzkalklösung u. s. f.

**) Endlich hat man auch vorgeschlagen, unlösliche Seifen von schweren Metallen im Holze zu erzeugen; vergl. Wagner: Die chem. Technologie 1863, S. 502.

***) Für das Färben der Hölzer (siehe unter S. 179) scheinen ähnliche Methoden eher von Bedeutung zu sein. Wenigstens giebt Monier (Compt. rend. T. 55, p. 517) an, daß durch successives Imprägniren des Holzes und selbst des sogenannten vegetabilischen Elfenbeins (Frucht von Phytelephas macrocarpa) mit Jodkalium und Quecksilbersublimat ohne Anwendung eines erhöhten Drucks eine Rothfärbung durch die ganze Masse erreicht werden könne. Uebrigens ist mir unbekannt, ob ein Verfahren der Art sich bewährt hat, und dann handelt es sich hier um zwei an sich leichtdiffusible Substanzen.

gerberei Verwendung findet) zur Holzconservirung zu benutzen versucht. Es genügt hier die Bemerkung, daß diese Thonerdesalze im Verhältnisse zu ihrer conservirenden Wirkung, die nicht eben eine hervorragende ist, zu kostspielig sind, um als Imprägnirungsmittel des Holzes zweckmäßig dienen zu können. Es hat daher der Vorschlag niemals eine praktische Bedeutung gehabt.

118 **Imprägniren mit empyreumatischen Stoffen.** Wir haben schon bei der gelegentlichen Besprechung des Imprägnirens mit holzessigsauren Salzen*) angedeutet, daß die Wirksamkeit derselben großentheils auf den Gehalt des Holzessigs an geringen Mengen von theerartigen Stoffen zurückgeführt werden muß.

Der Holzessig ist ein Product der trocknen Destillation des Holzes; er besteht seiner Hauptmasse nach aus Wasser, Essigsäure, Ammoniaksalzen und Holzgeist, und enthält nur 1 bis $1^1/_2$ Proc. Kreosot, oder verwandter Stoffe, denen die conservirende Wirkung eigentlich zugeschrieben werden muß.

Der Holzessig ist aber nun nicht das einzige Product der trocknen Destillation des Holzes und ähnlicher Materialien; derselbe stellt vielmehr nur den Theil der Destillationsproducte dar, die sich in dem gleichzeitig mit übergehenden Wasser lösen. Ein großer Bruchtheil der Destillationsproducte scheidet sich von dem wässerigen Theile als eine dunkelgefärbte, ölartige, schwer bewegliche Flüssigkeit ab, und diese wird als Theer bezeichnet. In dieser Flüssigkeit sind die eigentlich fäulnißwidrig wirkenden Stoffe, welche im Holzessig kaum mehr als in Spuren vorkommen, in großen Mengen vorhanden, und daher ist dieselbe als Conservirungsmittel sehr verschiedenartiger leichtzersetzbarer Substanzen von weit hervorragenderer Bedeutung als der Holzessig. Ganz ähnliche Producte wie bei der trocknen Destillation des Holzes entstehen nun auch bei der gleichen Behandlung verwandter Brennstoffe (wie überhaupt der meisten organischen Substanzen), bei der Destillation von Torf, Braunkohlen und selbst Steinkohlen; und auch der hierbei resultirende schwarze, dickflüssige, mit Wasser nicht mischbare Körper wird als Theer bezeichnet.

Wir werden nun, ehe wir zur Besprechung von Conservirungsmethoden, die auf die Verwendung des Theeres oder von Bestandtheilen desselben begründet sind, übergehen, die Zusammensetzung des Theeres einer kurzen Behandlung unterziehen.

Die Bestandtheile des Theeres sind im Allgemeinen, ohne noch auf dessen Ursprung Rücksicht zu nehmen: eine große Anzahl von Kohlenwasserstoffen, Carbolsäure (Phenol), Kresol, Guajakol und Kreosol (das Gemisch der beiden letzteren mit noch einigen Verunreinigungen wird auch als Kreosot bezeichnet), dann Paraffin, Naphtalin und einige harzartige Körper.

Die Zusammensetzung der verschiedenen Theerarten unterscheidet sich sehr wesentlich von einander. Namentlich ist das Naphtalin mehr für den Steinkohlentheer charakteristisch, das Paraffin mehr für die Theere aus den sauerstoffreicheren Materialien, also vor Allem Holz, dann auch Torf und Braunkohlen. Der für

*) Siehe S. 128 u. f.

ms wichtigste Unterschied ist indessen der, daß die Carbolsäure im Steinkohlentheer überwiegt, während darin die als Kreosot zusammengefaßten Substanzen fehlen, daß dagegen diese letzteren die Stelle der Carbolsäure in den theerigen Producten von der trocknen Destillation mancher Holzarten, so z. B. des Buchenholzes, das n dieser Richtung am besten untersucht ist, einnehmen. Beiderlei Substanzen scheinen eine durchaus ähnliche Rolle bei der Conservirung leicht zersetzbarer organischer Substanzen zu spielen.

Die Zusammensetzung des Theeres ist übrigens nicht durch die Beschaffenheit des Rohmaterials allein bedingt, sondern sie ist auch noch von der Leitung und dem Verlaufe der Destillation in hohem Grade abhängig. So wiegt bei dem Verlauf des Destillationsprocesses bei höherer Temperatur das Naphtalin im Producte vor, während bei niederer Temperatur mehr Paraffin entsteht. — Doch dies sind Verhältnisse, die unser Interesse kaum in Anspruch nehmen.

Die einzelnen Substanzen des Theeres, die wir aufgezählt haben, sind nun für die Conservirung von fäulnißfähigen Substanzen keineswegs gleichbedeutend. Die Kohlenwasserstoffe des Theeres, das Benzol, Tuluol, Xylol, das Cumol &c., besitzen an sich keine sehr hervorragenden antiseptischen Eigenschaften. Die drei erstgenannten sind schon zu flüchtiger Natur, um im Holze lange zu haften, auch wenn sie bis in erhebliche Tiefe desselben imprägnirt worden wären. Dagegen ist die Carbolsäure als der hauptsächlich wirksame conservirende Stoff des Steinkohlentheeröls und anderer Theere anzusehen, und dieser Stoff erheischt daher vor allen anderen eine etwas eingehendere chemische Betrachtung.

Die Carbolsäure, besser Phenylalkohol oder Phenol genannt, hat eine Zusammensetzung, welche durch die Formel C_6H_6O repräsentirt wird. Dieselbe bildet im reinen Zustande lange farblose Krystallnadeln, die etwa bei 40° C. schmelzen. Bei 183° siedet die Flüssigkeit. Die Carbolsäure besitzt einen brennenden Geschmack und einen sehr allgemein bekannten Geruch nach Rauch. Im unreinen, wasserhaltigen Zustande, wie dieselbe im Handel vorkommt, stellt sie eine braungefärbte Flüssigkeit dar. Die Carbolsäure wirkt auf gelöste Eiweißstoffe coagulirend und ist daher für alle Organismen in größeren Dosen ein heftiges Gift. Ihre Fähigkeit, fäulnißwidrig zu wirken, scheint hiernach auch ohne Weiteres völlig verständlich*).

Das Guajakol und Kreosol, in welche zwei chemische Individuen, das von Reichenbach im Buchenholztheer entdeckte, später mit der Carbolsäure zusammengeworfene Kreosot sich neuerdings aufgelöst hat, sind von der Zusammensetzung $C_7H_8O_2$ und $C_8H_{10}O_2$. Dieselben stellen farblose Flüssigkeiten von etwas verschiedenen specifischen Gewichten und Siedepunkten dar, die erst über 200° C.

*) So allgemein diese Erklärungsweise auch acceptirt sein mag, so kann ich doch nicht umhin, darauf aufmerksam zu machen, daß die conservirende Fähigkeit des Phenols weiter geht als seine coagulirende Einwirkung auf die Eiweißkörper. Man ist im Stande, Eiweißlösungen durch Zusatz weniger Tropfen des fraglichen Mittels völlig zu conserviren, ohne eine Gerinnung zu bewirken, und es bleibt daher einstweilen nichts übrig, als sich mit der auch von uns im Texte acceptirten Theorie dahin zu flüchten, daß das Phenol wenigstens alles belebte Protoplasma niederschlage oder dasselbe zur dauernden Unfähigkeit, das Leben zu erhalten, verändere, womit freilich unsere Unwissenheit in Bezug auf dieses Gebiet zugestanden ist.

liegen; sie sind in reinem Zustande von aromatischem Geruch und brennendem Geschmack. Ihre antiseptischen Eigenschaften scheinen ähnliche zu sein, wie die der Carbolsäure, und eine ähnliche Ursache zu haben; doch wäre es sehr wünschenswerth, hierüber specielle Bestätigungen zu erhalten. Die Substanzen haben insofern eine untergeordnete Bedeutung für unsern Zweck, als dieselben nur für Theer aus Holz oder gar nur aus bestimmten Holzsorten charakteristisch sind, in welchem sie die Carbolsäure gewissermaßen zu vertreten scheinen. Für unsern Zweck genügt im Grunde die Bemerkung, daß alle Sorten von Theer, wo nicht Carbolsäure, doch ähnliche Substanzen von specifisch antiseptischer Wirksamkeit enthalten, und daß diese alle in der Nähe von 200° C. sieden.

Der Kresol, C_7H_8O, eine der nächst höheren homologen Verbindungen der Carbolsäure, ist sowohl im Holz- als im Steinkohlentheer nachgewiesen worden. Derselbe ist z. B. in der käuflichen Carbolsäure in erheblichen Mengen vorhanden. Der Kresol stellt eine farblose, stark lichtbrechende Flüssigkeit dar, welche erst bei 200° C. siedet. Im Uebrigen ist von seinen Eigenschaften nicht allzuviel bekannt, doch dürfen wir wohl ohne Weiteres annehmen, daß auch ihm fäulnißwidrige Wirkungen in hohem Grade zukommen.

Außerdem haben wir im Theere, abgesehen von einer Reihe von Substanzen, die wir hier nicht zu berücksichtigen brauchen, und die auch noch sehr unvollkommen untersucht sind, noch Naphtalin und Paraffin, bald das eine, bald das andere vorwiegend, je nach Rohmaterial und Darstellungsweise. Naphtalin und Paraffin sind Stoffe, die bei gewöhnlicher Temperatur und auch noch erheblich darüber fest sind, sie können daher im Theere nur gelöst vorkommen und bewirken dessen Dickflüssigkeit. Dieselben sind daher für das Eindringen des Theeres in das Holz bei einem jeden Imprägnirungsverfahren ein Hinderniß. Aehnliches gilt auch von den harzartigen Stoffen, die sich im Theere vorfinden.

Nach dem Gesagten ist es einstweilen begreiflich, wie der rohe Theer als solcher, ja wie der mit den Producten der trocknen Destillation geschwängerte Rauch von unseren Brennstoffen bei dem Dörren des Holzes conservirend einzuwirken vermag. Die antiseptischen Substanzen des Theeres bilden in allen diesen Fällen mit den Proteïnstoffen, mit denen sie in Berührung kommen, unlösliche Verbindungen oder verhindern dieselben in anderer Weise, an Lebens- und Umsetzungserscheinungen sich zu betheiligen, und in gleicher Weise haben wir uns natürlich die so allgemeine Conservirung unserer Fleischwaaren durch Räucherung zu denken. — Daß aber eine Räucherung des Holzes in einer Räucherkammer, wie sie wohl als eine Modification des Dörrens desselben vorgeschlagen wurde, oder ein bloß oberflächlicher Theeranstrich nicht für eine völlige Conservirung auch bei einer sehr großen desinficirenden Kraft der eben behandelten Theerbestandtheile genügen kann, wird man begreiflich finden. Im ersten Falle gelangen nur sehr geringe Spuren der eigentlich wirksamen Substanzen mit dem Holze in Berührung, und in beiden Fällen muß natürlich die Einwirkung eine sehr oberflächliche bleiben. Namentlich wird dies klar, wenn man berücksichtigt, daß man in den Bestandtheilen des Theeres es mit in Wasser meistens schwer löslichen und darum kaum mit Substanzen zu thun hat, die in das Holzgewebe hinein zu diffundiren vermögen. — Kurz, es versteht sich von selbst, daß man auch für diese Imprägnirungsmittel wie für die

meisten anderen sich nach Methoden umgesehen hat, welche die Einwirkung zu einer gründlichern und tiefer gehenden machen konnten*).

Der Anfang zu einem derartigen leistungsfähigern Imprägnirungssystem für den Theer oder seine wirksamen Bestandtheile kann in dem seiner Zeit von Prechtl gemachten Vorschlag gesehen werden, beim Dämpfen des Holzes zum Schlusse der Operation den Wasserdampf durch Theerdampf zu ersetzen. Es ist mir nicht bekannt, ob dieser Vorschlag irgendwo praktisch geworden ist**).

Das Bethell'sche Imprägnirungssystem. Zu einem vorzüglichen 119
und zwar einem der vorzüglichsten Imprägnirungssysteme ist die Conservirung des Holzes durch Theer oder dessen Bestandtheile erst durch die Verbesserungen und Methoden geworden, die sich der Engländer Bethell im Jahre 1838 patentiren ließ. Zwei Dinge sind an diesem Systeme als für den Erfolg wesentlich zu bezeichnen: das Ersetzen des rohen Theers durch gewisse wirksamste Bestandtheile desselben, wie sie in dem sogenannten schweren Theeröle vorhanden sind, und dann das zur Imprägnirung angewendete Verfahren, welches erst eine innige Durchdringung des Holzes bewirkt.

Wenn man rohen Steinkohlentheer einer fractionirten Destillation unterwirft, so gehen zuerst die leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffe: Benzol, Toluol, Xylol und andere nicht mit diesen homologe Kohlenwasserstoffe über. Dies erst übergehende Destillationsproduct (etwa alles unter 160° Siedende) wird als leichtes Steinkohlentheeröl bezeichnet. Die Stoffe, die dasselbe enthält, würden wegen ihrer großen Flüchtigkeit, auch einige antiseptische Wirkungen vorausgesetzt, als Imprägnirungsstoffe wenig taugen. Außerdem haben dieselben sonst mannigfaltige technische Verwendungen, so das Benzol und Toluol als Fleckenwasser, andere gemischte Producte der Braunkohlen- und Torfdestillation, Photogen und Solaröl, als Beleuchtungsmaterial, ebenso manche als Auflösungsmittel in vielen Industrien. Durch die Scheidung des leichten Theeröls vom Theere gewinnt man nicht bloß eine Reihe nutzbarer Stoffe, man concentrirt auch noch im Rest die für die Conservirung von fäulnißfähigen Stoffen wichtigen Substanzen.

Wenn man diesen Rest nun einer weitern Destillation unterwirft, so gehen zunächst das Cumol und andere Kohlenwasserstoffe, zugleich aber schon Carbolsäure und Kresol, oder wenn es sich um Theer von Buchenholz handelt, Guajakol und Kreosol über, welche alle in der Nähe von 200° sieden. Dieses Gemisch von Substanzen, die bei Temperaturen von 160° bis erheblich über 200° C. übergehen, wird als

*) Uebrigens bestehen oder bestanden Methoden, die auf dem bloßen Eintauchen von Hölzern in Theeröle beruhen, nachdem vorher die Hölzer gut gedörrt waren. Vergl. Baumeister: A. a. O. S. 162.

**) Moll soll, wie Payen (Chimie industr. 1851, p. 38) angiebt, ein Verfahren darauf begründet haben. Dasselbe ist in dieser Form jedenfalls unzweckmäßig, weil, wie wir bald näher ausführen werden, ein vorhergehendes Dämpfen für eine Theerimprägnirung schädlich ist.

schweres Theeröl bezeichnet. Man sieht, daß dasselbe gerade die eigentlich fäulnißwidrigen Substanzen enthält, freilich noch verunreinigt durch eine Reihe von gleichgültigen Stoffen. Erst bei noch höher gesteigerter Temperatur gehen dann Paraffin, Naphtalin und schließlich ein schwarzes Gemisch von großentheils unbekannten, bei gewöhnlicher Temperatur festen Substanzen, das man mit dem Namen „Pech“ belegt, über. Auch diese Substanzen, die, in der Vorlage für sich aufgefangen, natürlich erstarren, haben mannigfache andere Verwendungen, und man hat also, wenn man das schwere Theeröl für sich allein zum Imprägniren verwendet, den weitern Vortheil, die wirksamen Substanzen in verhältnißmäßiger Reinheit verwenden zu können, und außerdem jene festen Substanzen, die, im Theeröl gelöst, dasselbe dickflüssig machen und es dadurch seiner Imprägnirungsfähigkeit berauben, abzutrennen. — Indessen darf es bei der Holzimprägnirung mit Bestandtheilen des Theeres keineswegs darauf abgesehen werden, lediglich die Carbolsäure und ihre Verwandten in möglichst großer Reinheit anzuwenden, und alle übrigen Bestandtheile nach Kräften auszuschließen. Ein beschränkter Gehalt des schweren Theeröls an nicht allzuflüchtigen Stoffen und sogar an Naphtalin und Paraffin (den es in der That wegen mangelhafter Fractionirung hat) ist vielmehr zum Imprägniren durchaus erwünscht, obgleich diese letzteren die Manipulation des Imprägnirens erschweren; denn man hat die Beobachtung gemacht, daß jene anderen Stoffe, welche die eigentlichen Träger der fäulnißwidrigen Wirkung sind, für sich allein in Folge ihrer erheblichen Flüchtigkeit nur vorübergehenden Schutz gewähren, während diese, zum Theil freilich unbekannten Substanzen die Poren des Holzes verstopfen und so zur dauernden Festhaltung der flüchtigeren Stoffe beitragen. Hierbei scheint auch eine nachträgliche Verharzung bei einigen jener Substanzen mit im Spiele zu sein. Dann kommt aber weiter jenen nicht specifisch antiseptisch wirkenden ölartigen Gemengtheilen des Theeres eine conservirende Wirkung mehr mechanischer Natur zu, die sie mit allen ähnlichen Substanzen theilen. Bekanntlich kann man — und wir werden noch später mit einem Worte darauf zurückkommen — Hölzer durch Imprägniren mit Leinöl, Talg und beinahe beliebigen anderen Fetten und Oelen conserviren. Die conservirende Wirkung beruht in diesem Falle darauf, daß in die Hohlräume des Holzes, an deren Inhaltsstoffen die schädlichsten Fäulnißprocesse sonst zu beginnen pflegen, Stoffe gebracht werden, die mit Wasser unmischbar sind und die darum das Holz vor einer gelegentlichen Feuchtigkeitsaufnahme, die in dem vorliegenden Falle der Anfang ist von allen Zersetzungsprocessen, bewahren. Eine ganz ähnliche, mehr mechanische conservirende Wirkung*) üben alle jene schwerflüchtigen ölartigen Bestandtheile des Theeres aus, und es handelt sich also keineswegs darum, diese Stoffe aus der Imprägnirungsflüssigkeit fern zu halten, sondern nur darum, den Gehalt an ihnen so weit herabzumindern, daß die Flüssigkeit leicht genug in das Holz hineingepreßt werden kann.

Kurz das „schwere Theeröl“, dessen Zusammensetzung wir erläutert haben, stellt eine Flüssigkeit dar, die zum Imprägniren in mehrfacher Hinsicht besser ge

*) Ich erinnere an die Fleischconservirung durch Paraffin-Imprägnirung und Umhüllung.

eignet ist, als der rohe Theer, nicht bloß wegen seines größern Reichthums an specifisch antiseptisch wirkenden Substanzen*), sondern auch wegen seines Gehalts an anderen schwerer flüchtigen ölartigen Körpern, die jene in einem sehr passenden Verhältnisse verunreinigen.

Der eine Vortheil des Bethell'schen Verfahrens liegt also in der Verwendung des schweren Theeröls, auch Kreosotöl genannt, der andere in der Imprägnirungsmanipulation. Diese letztere ist nun der im Burnett'schen System für die Imprägnirung mit Zinkchlorid angewendeten**) so außerordentlich ähnlich, daß wir hier einer eingehendern Beschreibung überhoben sind. Die Hölzer werden wie dort in ein fest verschließbares eisernes Reservoir gebracht, es wird mit der Luftpumpe evacuirt und dann die Imprägnirungsflüssigkeit einströmen gelassen, endlich der Druck auf 7 bis 10 Atmosphären erhöht. Abweichend vom Burnett'schen Verfahren ist nur, daß vor dem Evacuiren durch die Luftpumpe niemals ein Dämpfen stattfinden darf, da nach demselben, auch wenn es mit überhitztem Wasserdampfe vorgenommen wird, stets mehr oder minder bedeutende Reste von Wasser im Holze zurückbleiben — ein Zustand, der im Gegentheil auf alle mögliche Weise vermieden werden muß. Da Wasser und Theeröle (wenigstens in den Verhältnissen, um die es sich hier handelt) mit einander unmischbar sind, so erschwert natürlich die Feuchtigkeit im Holze das Eindringen von diesen ölartigen Stoffen, gerade wie ein Oeltropfen von einem genäßten Papiere nicht aufgesogen wird und umgekehrt. Das Holz, welches dem Bethell'schen Verfahren unterworfen werden soll, muß vielmehr durchaus trocken sein, am besten lufttrocken. Man entschließt sich in der Regel nur da, wo dies letztere nicht zu erreichen ist, zum vorausgehenden Dörren des Holzes, da man das Entstehen von Rissen fürchtet.

Weiter ist es für das Bethell'sche Verfahren charakteristisch, daß die Imprägnirungsflüssigkeit warm in das Reservoir eingelassen wird. Es hat diese Erwärmung, die man bis zu 30 oder 40° C. oder auch noch höher vornimmt, den Zweck, die schwerflüssigen Bestandtheile des Theeröls dünnflüssiger und damit leichter eindringbar in die poröse Holzmasse zu machen. Es geht daraus hervor, daß dieselbe um so nothwendiger ist und bis zu einem um so höhern Punkt getrieben werden muß, je reicher das betreffende Theeröl an solchen nur passiv gelösten Substanzen, wie Naphtalin, Paraffin, ist. Da die Erwärmung des Theeröls beim Imprägniren einen erheblichen Kostenaufwand bedingt, dieselbe dagegen die Verwendung von schwerflüssigeren, an wirklich antiseptischen Substanzen ärmeren und wohlfeileren Theerölen möglich macht, so stehen hier die wirthschaftlichen Vortheile auf zwei verschiedenen Seiten, und die Meinungen der Techniker sind noch getheilt darüber, ob man mehr an der Qualität des Rohmaterials oder an Brennstoffen

---

*) Ueber den Gehalt verschiedenartiger theeriger Producte an „Kreosot" vergl. Baumeister: A. a. O. S. 154. — Von Rütgers (Wagner's Jahresber. 1868) sind specielle Vorschriften gegeben worden über die Beschaffenheit eines zur Imprägnirung wohl geeigneten Theeröls. Dasselbe soll nur sehr wenig Oele enthalten, unter dem specifischen Gewicht von 1·00 und selbst nicht über 1·10 wiegen. Es soll ferner 6 bis 10 Proc. saure in concentrirtem Alkali lösliche Bestandtheile enthalten 2c.

**) Vergl. oben S. 132 u. f.

sparen soll*), wie auch noch genaue Untersuchungen über die conservirende Kraft der verschieden zusammengesetzten Theeröle gänzlich fehlen. — Eine Erwärmung des Holzes selbst, die am einfachsten durch vorausgehendes Dörren und Einbringen im warmen Zustande in das Reservoir, resp. durch Dörren daselbst geschieht, soll, wie leicht begreiflich, das Eindringen der öligen Imprägnirungsflüssigkeit in das Holz außerordentlich erleichtern — eine Thatsache, die für den weitern Ausbau der Methode von Wichtigkeit ist.

Im Uebrigen schließt sich das Verfahren durchaus an das schon beschriebene pneumatische an. Die lufttrocknen Hölzer werden in eigens hierzu construirten Wagen, bezüglich deren Einrichtung wir uns auf die Darstellung in Fig. 21 (S. 132) berufen, in den Präparirkessel eingefahren, daselbst auch wohl noch eine weitere Austrocknung von einigen Stunden erzielt, indem man den Rauch der Dampfkesselfeuerung durch das Reservoir bei gleichzeitigem Arbeiten der Luftpumpe streichen läßt. Hierdurch wird zugleich auch ein zweckmäßiges Vorwärmen der zu imprägnirenden Hölzer bewerkstelligt.

Die Erwärmung des Theeröls (jetzt in beinahe allen Fällen aus Steinkohlen) geschieht durch Dampfschlangen, welche durch das Oelreservoir gelegt sind. — Manchmal leitet man auch Dampfröhren durch dieses letztere, um das Holz vorzuwärmen und warm zu erhalten. Dies geschieht namentlich, wenn nicht auf eine andere der angedeuteten Arten ein Vorwärmen erzielt war, oder wenn es sich um die Imprägnirung mittelst sehr dickflüssiger Theeröle handelt. Die Luftpumpe arbeitet durchschnittlich etwa eine Stunde, darauf läßt man durch Oeffnung des betreffenden Hahnes das erwärmte Theeröl in den Präparirkessel eindringen; dann arbeitet die Druckpumpe, in England, bis ein Druck von 10, in Deutschland gewöhnlich von 7 bis 8 Atmosphären erreicht ist. Eine bestimmte Zeit läßt sich im Allgemeinen für die Dauer dieses Drucks und darum für die Dauer des ganzen Verfahrens nicht angeben, weil dieselbe zu sehr abhängig ist von der Beschaffenheit des Holzes und der Form der Holzstücke. Man stellt vielmehr einen bestimmten Gehalt des imprägnirten Holzes an Theerölen als Norm auf, der ja in diesem Falle einfach durch die Bestimmung der Gewichtszunahme constatirt werden kann, und richtet die Dauer für eine jede Holzart nach der Erfahrung, die man über die Erreichung dieser Norm gemacht hat, ein**). Für Bahnschwellen schwanken die nothwendigen Zeiten, durch die der Hochdruck einwirken muß, zwischen 1 und 4 Stunden, für größere Hölzer sind aber oft weit erheblichere Zeiten (20 Stunden) nothwendig.

Aber auch der Normalgehalt an Theeröl, wie er in verschiedenen Anstalten von den imprägnirten Hölzern gewünscht und erlangt wird, ist ein sehr verschie-

*) Doch wendet sich vielleicht die Mehrzahl der Autoritäten der erstern Ansicht zu, indem sie auf die Anwesenheit der schwerflüchtigen Substanzen ein großes Gewicht legen. Es sollen durch dieselben Risse ausgefüllt und überhaupt eine Art oberflächliche Pechschicht gebildet werden, welche das Verdunsten der Carbolsäure und der anderen Substanzen verhindert, und auch sonst allerlei kleine Vortheile gewährt, wie z. B. das Festerhalten von Nägeln in den damit imprägnirten Hölzern.

**) Auch dient beiläufig die Differenz im Niveau des Oelreservoirs als Maßstab.

dener. Für Eichenholz*) schwanken die Angaben der verschiedenen Bahnen, welche für ihre Hölzer das Bethell'sche System adoptirt haben, pro Cubikmeter von etwa 40 bis etwas über 100 Kg; für Kiefernholz ist sie noch größer und schwankt von 140 bis über 200 Kg. Die Aufnahme ist also eine sehr bedeutende und weit größer, als von irgend einer andern bis dahin behandelten Imprägnirungssubstanz, da diese nur vermittelst großer Mengen werthlosen Wassers aufgesogen werden können.

Die Größe der Aufnahme an Theerölen ist übrigens auch in hohem Maße abhängig von der Beschaffenheit einer und derselben Holzart; so soll nach einer Angabe**) Kiefernholz von großem Harzreichthum beinahe nur die Hälfte aufgenommen haben als solches ohne großen Harzgehalt, das auf nassem Boden oder gutem Land gewachsen war, und es soll sich die Aufnahmsfähigkeit des letztern durch Flößen noch weiter um mehr als das Doppelte vermehrt haben. Das Letztere würde weniger durch die immerhin unbedeutende Auswaschung als vielmehr durch die beim Flößen stattfindende dauernde Volumerweiterung zu erklären sein.

Die Erfolge des Bethell'schen Verfahrens sind, rein technisch betrachtet, außerordentlich günstige, und dieselben müssen wohl denen des Kyanisirens ohne Weiteres an die Seite gesetzt werden. Was vielleicht der Sublimat an fäulnißwidriger Kraft mehr haben sollte, wird jedenfalls durch die sehr viel vollständigere Durchdringung des Theeröls in Folge des pneumatischen Verfahrens aufgewogen. Man hat nach dem Bethell'schen Verfahren behandeltes Holz geradezu in Mistpfützen gelegt, ohne in längerer Zeit eine schädliche Veränderung beobachten zu können***). Für die sehr günstigen Erfolge spricht auch die weite Verbreitung des Systems und die Art, in welcher dasselbe andere Conservirungsmethoden verdrängt hat. In England hat das Bethell'sche System alle anderen Verfahrungsweisen mit Ausnahme der Burnett'schen besiegt. In Belgien ist dasselbe der Boucherie'schen Methode vorgezogen worden; in Holland herrscht es beinahe ausschließlich. Auch in Deutschland hat das Bethell'sche System beim Präpariren der Eisenbahnhölzer eine große Verbreitung gefunden, und die Technikerversammlung des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen, welche im Jahre 1865 in Dresden tagte, fällte ein außerordentlich günstiges Urtheil über dasselbe, mit Ausnahme des Kostenpunktes, von dem gleich die Rede sein wird. — Als Vortheile außer der großen Dauerhaftigkeit wird noch die Erhöhung der Holzfestigkeit durch das Imprägniren mit Theerölen angeführt, während die Metallsalze gerade in dieser Beziehung eher schädlich einzuwirken pflegen. Dieser Effect steht offenbar im Zusammenhange mit der sehr ansehnlichen Vermehrung der festen Substanz des Holzkörpers durch die nachträglich erstarrenden Theerbestandtheile, vor Allem aber mit der Verstopfung aller größeren Risse, die auf dieselbe Weise bewirkt wird. — Ein weiterer Vortheil ist noch die Eigenthümlichkeit der nach dem Bethell'schen Systeme behandelten Hölzer, wegen der Unmischbarkeit ihrer Imprägnirungssubstanz mit Wasser keine Feuchtigkeit von außen aufzunehmen,

*) Vergl. Baumeister: A. a. O. S. 158.

**) Ebendas. S. 157 Anm.

***) Vergl. auch Wagner: Hand- u. Lehrb. d. Technologie, Bd. 4, 1862, S. 27.

wodurch sie nicht bloß vor Fäulniß (in dieser Richtung haben wir uns schon genugsam ausgesprochen), sondern auch vor Quellen und Werfen beschützt sind.

Als Nachtheil im technischen Sinne kann nur die Feuergefährlichkeit der nach dem Systeme Bethell behandelten Hölzer genannt werden, welche übrigens mehr für die Hölzer von Hochbauten als für Eisenbahnschwellen in Betracht kommt. Ferner gehört hierher schlechter Geruch und häßliches Aussehen, und ebenso Schwierigkeit einer nachträglichen Bearbeitung, Dinge, welche für einige wenige Zwecke die Verwendung derartig präparirter Hölzer verbieten. Auch wird angegeben, daß das bethellisirte Holz nicht vor dem Angriffe aller Arten von Insecten völlig geschützt sei*), und wird Limnoria terebrans als ein Kerf genannt, der selbst vor dem Kreosot nur vorübergehend zurückschreckt**). Eine weitergehende Bedeutung kommt dieser Angabe indessen nicht zu.

Anders sieht es mit dem Kostenpunkte des in Rede stehenden Verfahrens aus. Nicht als ob die Theeröle so unerschwingliche Preise besäßen. Dies ist keineswegs der Fall. Die Materialien, welche verwendet werden, stehen je nach ihrem Gehalt an gleichgültigen Stoffen oder an den eigentlich wirksamen Substanzen im Preise zwischen 1 Thaler und 5 Thaler pro 100 Kg — wahre Spottpreise im Verhältnisse zu dem des Sublimats. Allein das Theeröl tritt in sehr großen Massen in die Substanz des Holzes ein (40 bis 200 Kg pro Cubikmeter), und die Imprägnirungsanstalten für Holztheer kosten wie die des Burnett'schen Verfahrens große Anlagecapitalien. Es berechnen sich darnach 20 Sgr.***) bis 10 Thaler pro Cubikmeter Holz allein an Theeröl, dann noch 20 Sgr. sonstige Imprägnirungskosten, bei der Verwendung von dickflüssigem Theeröl, das nicht allzutheuer ist, zusammen im Durchschnitt etwa $4^1/_2$ Thaler Imprägnirungskosten für den Cubikmeter Holz. Auf die einzelne Bahnschwelle macht dies ungefähr 15 Sgr.†), eine sehr erhebliche Vertheuerung, die also unter den meisten Umständen die in Folge des Kyanisirens nicht unerheblich übersteigt. Ebenso sind nach dem Urtheil der Technikerversammlung in Dresden die Kosten des in Rede stehenden Verfahrens im Durchschnitt eher etwas theurer, als die des Kyanisirens. — Die vier Hauptimprägnirungssysteme wurden also von uns genau in der Reihenfolge ihrer Kostspieligkeit abgehandelt. Das Burnett'sche ist das wohlfeilste und wird vom Boucherie'schen nur wenig an Kostspieligkeit übertroffen. Dann folgt das Kyanisiren, welches etwa 2 bis $2^1/_2$ mal so theuer ist, als das Burnett'sche System, und das Bethell'sche Verfahren ist noch um ein Weniges theurer als das Kyanisiren. Indessen kann sich dies letztere Verhältniß bei weiterm Steigen der Sublimatpreise leicht umkehren, und dann bleibt für das Kyanisiren nur noch

---

*) Vergl. Joh. Müller: Wagner's Jahresber. Bd. 14, S. 706.

**) Dagegen schützt das Imprägniren mit Kreosotöl vor dem Befallen der Hölzer im Meerwasser durch die so schädliche Bohrschnecke, und ist in Indien ein völlig ausreichendes Schutzmittel vor den Termiten. Vergl. Nördlinger: Kritische Blätter 1864, I, S. 66; ebenso Förster's Allgem. Bauzeitung 1857, S. 191, und Wagner: A. a. O. S. 27.

***) Diesen geringen Preis aber nur für gewöhnlichen ungereinigten Gastheer und die möglichst geringe Aufnahme.

†) Die Angaben der Bahnverwaltungen differiren von 8 bis 29 Groschen; vergl. Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens, III. Supplementband, 1869, S. 70. — Ueber die relativen Kosten der verschiedenen Imprägnirungsarten vergl. auch Dingler's polyt. Journ. Bd. 178, S. 416.

der Vortheil, daß es keine complicirten Apparate und keine Maschinenthätigkeit voraussetzt, in Folge wovon es sich besser für eine vorübergehende Anlage und überhaupt als Uebergangssystem eignet*).

Sonstige Imprägnirungen mit organischen Stoffen. Im Großen 120
und für Bauhölzer haben bis jetzt keinerlei Imprägnirungsmethoden mit anderen organischen Stoffen als theerartigen Producten Verbreitung gefunden, und wir überschreiten eigentlich das Gebiet des uns Vorgezeichneten, wenn wir hier kurz der Holzconservirung mittelst Durchtränkung von Fetten oder fetten Oelen Erwähnung thun. Im Zusammenhange mit den bisher behandelten Methoden hat indessen auch diese einiges Interesse für uns, so daß ein Paar Worte über diesen Gegenstand gerechtfertigt erscheinen.

Man kann nach Champy Hölzer durch Erhitzen in Fetten (Talg) auf 200° wirksam mit diesen Stoffen imprägniren. Die Hölzer müssen natürlich in den flüssigen Fetten untergetaucht sein; dann entweicht bei einer so hohen Temperatur das im Holze etwa noch eingeschlossene Wasser, und beim langsamen Erkalten wird dann das Fett durch den Druck der Atmosphäre in die Hohlräume des Holzes hineingepreßt. Ebenso werden Gemische von Talg und Wachs verwendet. Auch hat man für die Imprägnirung von fetten Oelen, namentlich Leinöl, pneumatische Vorrichtungen von der beim Burnett'schen und Bethell'schen Verfahren beschriebenen Art verwendet, um das Eindringen durch das Anwenden eines noch höhern Drucks zu beschleunigen. Anstatt Fetten wurden auch Lösungen von Harzen in Oelen zu demselben Zwecke vorgeschlagen.

Dies Verfahren giebt innerhalb der Grenzen, in denen es überhaupt gehandhabt wird, vorzügliche Resultate. Die Fetttheilchen wirken natürlich nicht specifisch fäulnißwidrig, sondern ebenso wie das Paraffin und ähnliche Bestandtheile des Theeres abschließend gegen die schädlichen atmosphärischen Einflüsse. So behandeltes Holz hat, wie leicht begreiflich, kaum die geringste Neigung, Wasser in sich aufzusaugen oder durch Capillarthätigkeit in sein Inneres fortzuleiten; dasselbe neigt in Folge davon ebenso wenig zu Fäulniß- und anderen Zersetzungserscheinungen, wie zu den unliebsamen Eigenschaften des Quellens und Werfens. Aber, wie gesagt, wird theilweise wegen der Kostspieligkeit**) eines derartigen Verfahrens, theilweise, weil es doch nicht gelingen mag, größere Balken auf diese Weise mit Fett zu infiltriren, nur kleineres Werkholz, z. B. das Holz für Parketböden, nicht aber das eigentliche Bauholz nach dieser Methode behandelt.

Schlußbetrachtungen.

Die allgemeine Frage nach der Vortheilhaftigkeit des Imprägnirens von 121
Bauhölzern — ganz abgesehen von den Vorzügen einzelner Systeme —, auf

*) Ueber einen Vorschlag des Imprägnirens mit einer wässerigen Lösung von Kreosot-Natron vergl. Allgem. deutsch. Telegraph 1861, S. 79.

**) Das Holz nimmt dabei sehr große Mengen von Fetten auf, von dem Gemische von Talg und Wachs 15 bis 60 Proc. Volum des Holzes; vergl. Payen: Chimie ind. 1851 p. 391.

welchen Gegenstand wir noch kurz eingehen müssen, kann nicht besprochen werden, ohne die **Durchtränkungsfähigkeit** einzelner Hölzer und gewisser Theile eines Stammes zu behandeln. Wenn bei bestimmten Holzarten die Durchdringung mittelst conservirender Substanzen ganz besondere Schwierigkeiten macht, und es sich zugleich herausstellt, daß gerade diese nämlichen Hölzer durch die Imprägnirung am wenigsten an Haltbarkeit gewinnen, so wird für solche eine Imprägnirung häufig unvortheilhaft sein und daher dieselbe am besten unterbleiben. — Ein derartiges Verhältniß besteht nun in der That. **Nördlinger**, der sich wie mit allen übrigen technischen Eigenschaften der Hölzer auch mit deren Durchtränkbarkeit sehr erschöpfend beschäftigt hat, schließt seine Betrachtungen über diesen Gegenstand mit dem Resumé ab*), „daß alle diejenigen Hölzer, die wir Splintbäume nennen, d. h. solche, die lebend einen durch und durch saftvollen Körper haben, die Tränkung ausnahmslos zulassen, daß dagegen diejenigen Holzarten, Baumindividuen oder Baumtheile, welche einzelne trockne Ringe oder ein trocknes Innere (Reifholz) besitzen, in diesen Theilen der Imprägnirung mehr oder weniger Widerstand leisten." Um einige Beispiele anzuführen, erinnern wir daran, daß die **Eiche**, welche ein Kernholzbaum ist, schwer durchtränkbar ist, und ebenso die **Edelkastanie**, welche ein Holz von ähnlichen Eigenschaften besitzt. Noch deutlicher treten die Unterschiede an einem und demselben Baume hervor, und die **Esche** bietet in dieser Beziehung ein sehr bemerkenswerthes Beispiel dar; ihr Splint ist ziemlich leicht, ihr Kernholz fast gar nicht durchtränkbar. Die Erklärung dieser Erscheinung muß außer in schon erläuterten Dingen in Adhäsionsverhältnissen gesucht werden.

Wenn wir uns nun weiter erinnern, daß gerade diejenigen Holzarten und ebenso die Theile eines Stammes, welche die Holzbeschaffenheit besitzen, die wir als Kernholz bezeichnen, auch im Durchschnitt und mit nur wenigen Ausnahmen die dauerhaftesten sind**), weil eben aus ihnen die Inhaltskörper im Wesentlichen verschwunden sind, die wir ja als die Träger des Fäulnißprocesses und der verwandten Erscheinungen anzusehen haben, so erkennen wir, daß die eben angedeutete Beziehung thatsächlich besteht.

Wir werden uns dann nicht mehr wundern, wenn von den Praktikern das Imprägniren von Splintbäumen oder wenigstens von Bäumen ohne hervorragende Kernbildung und ebenso von jungen Bäumen oder Holzstücken, die aus dem Splinte entnommen sind, ganz besonders empfohlen wird. Ebenso bestehen an manchen Bahnen Vorschriften, die eichenen Schwellen unpräparirt zu verwenden, dagegen Tannenschwellen zu imprägniren u. s. f. — Man wird sich die weiteren praktischen Consequenzen der erläuterten Beziehung leicht selbst ableiten können.

Aber auch die anderweitig zu begründende specifische Fäulnißfähigkeit muß in dieser Richtung Unterschiede herbeiführen, die es ganz selbstverständlich erscheinen lassen, daß für manche Holzgattungen die Imprägnirung rentabler ist als für andere. Dies Verhalten wird am deutlichsten klargelegt durch eine Tabelle über die relative Dauerhaftigkeit imprägnirter (die verschiedenen Systeme unter einander

*) Vergl. **Pfeil's** kritische Blätter rc. 1864, I, S. 115.

**) Vergl. S. 103 dieses Buches.

geworfen) und nicht imprägnirter Schwellenhölzer von verschiedenen Baumarten*).

Auswechslung wegen Fäulniß	Eiche		Kiefer		Buche		Tanne und Fichte	
	natürlich	imprägnirt	natürlich	imprägnirt	natürlich	imprägnirt	natürlich	imprägnirt
	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.
nach 5 Jahren	4·5	0·2	13·6	1·6	100	4·3	48·8	28·3
„ 7 „	10·6	0·8	37·3	3·2	—	10·8	93·4	48·7
„ 10 „	31·1	3·5	67·7	11·6	—	11·5	—	—
„ 13 „	34·9	12·1	100	41·8	—	25	—	—

Die Tabelle, die auch sonst sehr lehrreich ist, zeigt z. B., daß für das Buchenholz die Imprägnirung unter allen Umständen rentabel sein muß, während dies Resultat für die Nadelhölzer und noch mehr für das Eichenholz bei sehr billigen Holzpreisen zweifelhaft ist.

*) Vergl. Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens, III. Supplementband, 1869, S. 57.

Anhänge.

Ueber das Unverbrennlichmachen des Holzes.

Die Versuche, dem Holze seine für Bauzwecke gefahrdrohendste Eigenschaft, die seiner Verbrennlichkeit oder wenigstens seiner Leichtentzündbarkeit, zu nehmen, stehen in so engem Zusammenhange mit den Imprägnirungsmethoden zu Zwecken der Fäulnißverhinderung, daß wir schon bei Behandlung dieser letztern zuweilen auf jenes andere Bestreben hinzudeuten Gelegenheit hatten. Selbstverständlich suchte man, wenn irgend möglich, beide Zwecke auf ein Mal zu erreichen, und mit der erhöhten Dauer auch eine erhöhte Widerstandskraft gegen Feuer zu bewirken. Vor Allem waren es dem Payne'schen Verfahren*) ähnliche Methoden, bei denen zugleich dieser Nebenzweck erreicht werden sollte, nur schade, daß dies Verfahren mehr eine schöne Theorie geblieben und niemals zu einer erfolgreichen praktischen Ausführung gelangt ist. Das Princip dieser Methode bestand, wie früher erörtert, darin, nach einander zwei Mineralsubstanzen dem Holze einzuverleiben, die im Holze einen unlöslichen Niederschlag bilden und so gleichsam das Holz vererzen oder versteinern sollten. Wir haben am angeführten Orte schon vom Scheitern derartiger Hoffnungen berichtet und auch die Gründe angeführt, warum die Versuche von keinem Erfolge gekrönt werden konnten.

Andere Methoden, welche die Unverbrennlichkeit vorzugsweise oder ausschließlich im Auge haben, bestehen im Versehen des Holzes mit Anstrichen, die das Feuerfangen verhüten sollen. So werden namentlich Anstriche von Wasserglas empfohlen, die dem Holze eine mineralische Oberfläche geben und die Entzündbar-

---

*) Vergl. S. 160 dieses Buches.

keit bis zu einem gewissen Grade herabmindern. Wird natürlich die Erhitzung des betreffenden Holzstücks so weit getrieben, daß die brennbaren Gase der trocknen Destillation die oberflächliche Kruste durchbrechen, so hat dieser Schutz ein Ende. — Andere zum gleichen Zwecke empfohlene Anstriche enthalten Chlorcalcium, so eine Tünche, die aus Chlorcalcium und Kalkbrei besteht. Die Wirkung des Chlorcalciums ist theilweise die, daß dieses Salz durch seine hygroskopische Beschaffenheit das Holz feucht erhält (ohne es deshalb zur Fäulniß zu disponiren), und so dessen Entzündlichkeit herabmindert. Allein die Wirkung des Chlorcalciums ist eine noch weitergehende, wie am Besten aus dem Verhalten von mit diesem Salze imprägnirten Papiere*) hervorgeht. Das schon bei verhältnißmäßig niedrigen Temperaturen schmelzende Salz umhüllt die hocherhitzten organischen Theilchen so wirksam, daß die brennbaren Gase wenigstens eine Zeitlang nicht hindurch zu bringen vermögen. So ungefähr wird man sich wenigstens die Wirkungsweise zu denken haben. — In der That ist der Schutz, den ein solcher Anstrich zu gewähren vermag, ein recht auffälliger; natürlich hat aber auch er seine Grenze und die Entzündlichkeit kann nur für den ersten Anfang vermindert, nicht aber die Verbrennlichkeit ganz aufgehoben werden.

Auch das Imprägniren von Boraxlösung, von dem wir früher gesprochen haben**), soll die Entzündlichkeit des Holzes sehr herabmindern. Die Wirkungsweise ist auch hier eine umhüllende.

In Bezug auf das Unverbrennlichmachen plastischer Holzmasse verweisen wir auf S. 176 im nächstfolgenden Anhang.

*) Vergl. Neßler: Der Tabak, seine Bestandtheile ꝛc., Mannheim 1867, S. 35.

**) Siehe S. 160 dieses Buches.

Methoden, Holz plastisch zu machen.

Im Anhange an die chemische Technologie des Holzes mit besonderer Berücksichtigung von dessen Geeignetheit als Baumaterial mag hier noch von der Herstellung plastischer Producte aus Holz die Rede sein, da es nicht leicht gelingen dürfte, die Technologie dieses Verfahrens in einem anderen Capitel des Werkes unterzubringen.

Man vermag nämlich durch Behandlung mit Salzsäure die Eigenschaften des Holzes so wesentlich zu alteriren, daß dasselbe fast gänzlich seine Elasticität verliert, in Folge dessen auf einen kleinen Bruchtheil seines ursprünglichen Volums zusammengepreßt, und zu allen beliebigen Formen umgestaltet werden kann. Auch verliert so behandeltes Holz beinahe gänzlich seine ursprünglichen Structurverhältnisse und daher die leichtere Spaltungsfähigkeit in gewissen Richtungen; es ist in Folge dessen einer ganz andersartigen Bearbeitung fähig. Zugleich soll das Holz in diesem Zustande viel leichter Farbstoffe aufnehmen, wodurch natürlich seine Verwendbarkeit für eine Reihe von technischen Zwecken eine höhere wird.

Ueber den chemischen Vorgang bei dieser tiefgreifenden Veränderung, welche durch Einwirkung der Salzsäure veranlaßt wird, sind unsers Wissens noch keine Erklärungen aufgestellt; doch kann man wohl aussprechen, daß sich die durch die Salzsäure bewirkten Veränderungen nicht lediglich auf die incrustirenden Substanzen, welche man unter dem Namen Lignin zusammenfaßt, beziehen, denn sonst würde der beinahe völlige Verlust des Imbibitionsvermögens des resultirenden Productes, dessen gänzlicher Mangel an Quellbarkeit nicht eine unausbleibliche Folge des Verfahrens sein. Welche Art von chemischer Veränderung aber die Cellulose erleidet, darüber ist, wie gesagt, gar Nichts bekannt.

Das Verfahren besteht*) nach den vorhandenen Angaben in Manipulationen, welche an das Boucherie'sche Verfahren (siehe S. 138 u. f.) erinnern. Rohe, unbehauene Stämme werden an der einen Hirnfläche mittelst einer Platte,

*) Vergl. Gottgetreu: Phys. u. chem. Beschaffenh. d. Baumaterialien, S. 340.

welche gegen einen elastischen Ring angedrückt wird, mit einem Röhrensystem luftdicht in Verbindung gesetzt. Diese Röhren stehen wieder ihrerseits mit einem Gefäße, welches die salzsäurehaltige Imprägnirungsflüssigkeit enthält, in Communication. — Die Flüssigkeit wird mit einem Drucke von 1 bis 2 Atmosphären, durch eine Compressionspumpe erzeugt, in das Holz gepreßt. — Zugleich kann für Erwärmung Sorge getragen werden. Die Dauer einer solchen Imprägnirung mit einer verdünnten Salzsäure dauert etwa 8 bis 10 Tage, ist aber verschieden je nach dem Grade der Verdünnung dieser und nach dem Zweck, den man im vorliegenden Falle erreichen will. Auch soll das Alter des zu behandelnden Holzes für die nothwendige Dauer der Einwirkung maßgebend sein.

Nachdem die Salzsäure abgestellt ist, beginnt das Auswaschen derselben aus dem Holze durch Wasser, was in einer ganz ähnlichen Manipulation besteht. Diese Auswaschung wird 3 bis 4 Tage fortgesetzt.

Die Erfolge der Behandlung haben wir im Allgemeinen schon angegeben. Besonders leicht schneidbar und daher für Bildhauerarbeiten sehr geeignet wird das Holz der Laubhölzer durch die fragliche Methode, namentlich das der Birke, der Rothbuche, des Nußbaums und der Pyrus-Arten. Die Schnittfläche dieser Hölzer erscheint alsdann metallglänzend.

Eine weitere Eigenthümlichkeit des so veränderten Holzes ist die Leichtigkeit, mit welcher es (und zwar die Zellwandungen selbst) für die verschiedenartigsten Farbstoffe durchdringbar ist, und mit welcher sich diese in ihm fixiren lassen*), und dies ist natürlich von sehr bedeutender technischer Wichtigkeit. Es gelingt so z. B. leicht, beinahe beliebige fremdartige Hölzer in ihrem Aussehen nachzuahmen, namentlich wenn man die plastisch gewordene Masse durch Pressen auf die erforderliche Dichtigkeit comprimirt. Auch gelingt es, durch eigenthümliche Vorrichtungen das Holz nur streifenweise mit Farbstoff zu imprägniren**), so daß man demselben im Querschnitt ein geflammtes Ansehen verleihen kann.

Besonders aber hat die Industrie von der **Plasticität** der resultirenden Masse Nutzen gezogen, und stellt durch Pressung in Formen Gegenstände aus dem präparirten Holze dar, die mit den sehr theuern geschnitzten Holzwaaren lebhaft concurriren, da sie nach einer ein für alle Mal bestehenden Form in häufigen Copien sehr wohlfeil hergestellt werden können***). Die plastische Holzmasse behält die einmal gegebene Form mit völliger Schärfe bei, und es kann dieselbe leicht durch vorausgehende Zusätze von Leim oder Wasserglas wesentlich gehärtet werden. Namentlich ist auch darauf hinzudeuten, daß diese letzteren Substanzen, wenn man sie mittelst des vorhin andeutungsweise beschriebenen Imprägnirungsapparats applicirt, die Masse sehr vollständig durchdringen, was ja für so wenig osmotische

*) Uebrigens ist das annähernd auch für das unveränderte Holz mittelst Imprägniren unter hohem Druck möglich.

**) Bezüglich der Farbstoffe, welche man am besten zu diesem Zwecke verwendet, verweisen wir auf die angegebene Quelle, S. 342. Siehe auch den folgenden Anhang.

***) Uebrigens können auch unveränderte Holzmassen durch Druck nicht nur ihres Zellsaftes großentheils beraubt, sondern auch in ihrem Volumen sehr wesentlich reducirt, wenn auch nicht in beliebige Formen gepreßt werden, und wird hiervon in der Industrie mannigfacher Nutzen gezogen.

Substanzen beim unveränderten Holze ein Ding der Unmöglichkeit ist. Durch Imprägnirung mit Wasserglas ist so zugleich die Möglichkeit gegeben, eine wirklich nahezu unverbrennliche Substanz zu erzeugen, was, wie wir gesehen haben, beim unveränderten Holze bis jetzt eigentlich immer nur ein frommer Wunsch geblieben ist.

Mit der beschriebenen Manipulation der Holzveränderung durch Imprägnirung mit Salzsäure steht dann auch eine Trockenmethode in Verbindung, deren Wesen noch kurz angedeutet werden soll. Man preßt nämlich auf gleiche Weise wie vorher die Säure und dann das Waschwasser einen Strom von 50 bis 60° C. warmer Luft durch das Holz hindurch, durch welche die vorhandene Feuchtigkeit rasch entfernt wird. Ein Reißen findet dabei nicht statt, da der Vorgang von innen heraus und äußerst gleichmäßig geschieht.

Auch andere Methoden, plastische Holzmassen zu erzielen, sind in neuerer Zeit angegeben worden — Methoden freilich, die hinsichtlich des Chemismus, auf welchen sie begründet sind, genau ebenso unaufgeklärt erscheinen, wie die eben beschriebene. So soll nach einer Angabe*) durch 24stündige Einwirkung von verdünnter Natronlauge in der Wärme auf Holzfasern eine so weiche und fügsame Substanz erhalten werden können, daß dieselbe, mit einer Lösung von 30 Gewichtsprocenten Leim, einer Abkochung von Eichenrinde und 5 Gewichtsprocenten Wasserglaslösung (15° Beaumé) gemischt, eine ausgezeichnete plastische Masse bildet, die beliebige Formen annimmt.

Einige Worte über das Biegen und Formen erhitzter Holzstücke wären hier schließlich an ihrem Platze. Hölzer, denen man bleibend eine etwas andere Form geben will, als ihnen von Natur zukommt, können durch Erhitzen über Feuer und ebenso durch Dämpfen**) dahin gebracht werden, daß sie biegsam sind, während sie dann nach dem Erkalten ihre neue Form beibehalten. Es wird von dieser Eigenschaft des Holzes nicht bloß bei Zurichtung mancherlei kleinerer Arten von Werkholz Nutzen gezogen; sondern auch von derselben bei Behandlung der Schiffsbauhölzer eine sehr ausgedehnte Anwendung gemacht. Da indessen die Ursachen, auf welchen diese ganze Manipulation beruht, noch keineswegs wissenschaftlich aufgeklärt sind, so lassen wir es bei der Erwähnung dieses Gegenstandes beruhen und weisen nur darauf hin, daß vermuthlich die incrustirenden Substanzen des Holzgewebes, die ja vorzüglich dessen Unbiegsamkeit und Härte bedingen, in der Wärme eine gewisse plastische Beschaffenheit annehmen, die eine Formveränderung erlaubt. — Bei der wissenschaftlichen Ergründung dieses Gegenstandes wäre jedenfalls dessen Analogie zu dem eben behandelten Plastischwerden in Folge chemischer Einflüsse im Auge zu behalten.

*) Forstl. Berichte, Neue Folge XVI, 4, S. 227.

**) Vergl. Polyt. Journ. v. Dingler, Bd. 124, S. 465.

Ueber Färben des Holzes.

Auch über die Methoden der Holzfärberei, welcher Gegenstand in einigen zerstreuten Notizen in den technologischen Zeitschriften Behandlung gefunden hat, mögen hier einige Angaben folgen, da sich auch hierzu kaum an einem andern Orte des Gesammtwerkes Gelegenheit finden dürfte.

Dem eigentlichen **Färben** des Holzes geht zweckmäßig ein **Bleichen** desselben voraus, namentlich, insoweit die natürliche Färbung des Holzes der gewünschten Nuance Eintrag thun dürfte. Das Bleichen geschieht durch Einlegen des Holzes in eine Lauge, welche durch Auflösen von etwa 60 g Chlorkalk und 10 g krystallisirter Soda in 1 Liter Wasser dargestellt wird. Man läßt diese Lauge sich klären — es bildet sich ein Bodensatz aus den im Chlorkalk vorhandenen Unreinigkeiten und entstehendem kohlensaurem Kalk — und läßt die Hölzer eine halbe Stunde mit ihr in Berührung.

Da das in dem Holzgewebe auch nach dem Waschen noch verbleibende Chlor auf dasselbe zersetzend einwirkt, auch die Anwesenheit von Chlor oder Salzsäure die Imprägnirung mancher Farbstoffe unthunlich machen würde, so folgt der Behandlung mit dem Bleichmittel, gerade wie häufig in der Gewebestoffbleicherei, eine Behandlung mit einem reducirenden Mittel, einem „Antichlor", welches in diesem Falle aus schwefeliger Säure besteht. Reste dieser Substanz, die nach sorgfältigem Waschen dem Holze noch verbleiben sollten, schaden erfahrungsmäßig der Applicirung von Farbstoffen keineswegs.

Das eigentliche **Färben** erfolgt gleichfalls gewöhnlich durch einfaches Einlegen der Hölzer in die betreffenden Farbstofflösungen, resp. durch Bestreichen mit diesen. Man hat jedoch für dasselbe, namentlich wenn es durch die ganze Masse des Holzes erfolgen soll, complicirtere mechanische Methoden vorgeschlagen und in Anwendung gebracht — Methoden, welche ungefähr mit dem von **Payne** für die Imprägnirung der Hölzer mit antiseptischen Stoffen verwendeten pneumatischen Verfahren übereinstimmen. Bei der vorhin geschilderten Manipulation „Holz plastisch zu machen" ist auch einer solchen Verwendung einer derartigen complicirteren mechanischen Methode für die Zwecke der Holzfärberei Erwähnung geschehen.

Als Farbmischungen zur Herstellung der einzelnen Farben werden von Stubenrauch für das Holz folgende Angaben gemacht*):

Roth. Man lege das Holz zuerst in eine 2procentige wässerige Lösung von Marseiller Seife und bestreiche es alsdann mit Anilinroth, welches vom Holze leicht aufgenommen wird.

Violett. Man bereite sich eine Mischung von 500 g Baumöl, 500 g calcinirter Soda und 9 l kochendem Wasser, lege das Holz hinein und färbe es sodann mit Anilinroth, welchem etwas Zinnsalz zugesetzt sein muß.

Blau. Man verfahre genau auf dieselbe Weise, nur verwende man als Farbstoff Anilinblau.

Grün. Hierzu ist eine vorausgehende Behandlung mit einer Beize erforderlich, welche dargestellt wird durch Vermischen der Lösungen von 8 Theilen Bleizucker, 32 Theilen Alaun (der eisenfrei sein muß) und nachherigen Zusatz von 1/4 Gewichtstheil krystallisirter Soda. Es fällt hierbei schwefelsaures Bleioxyd nieder, welches man absitzen läßt. Die geklärte Lauge, welche wesentlich aus essigsaurer Thonerde besteht, wird auf 1 Grad Beaumé verdünnt zur vorläufigen Behandlung des grün zu färbenden Holzes benutzt. Die Färbung selbst erfolgt alsdann durch Behandeln mit einer Abkochung von Quercitron oder Kreuzbeeren mit Indigocarmin. Mischungsverhältnisse sind abhängig von der gewünschten Nuance.

Blau. Hierfür gilt genau dieselbe Vorschrift. Nur folgt auf die Beizung mit essigsaurer Thonerdelösung eine Behandlung mit Indigocarmin allein.

Braun. Hierzu wird eine Beize von chromsaurem Kali verwendet, welcher je nach der gewünschten Nuance ein Bestreichen mit Gelbholz-, Blauholz- oder Rothholzabkochung folgt.

Grau. Man kocht 500 g Orseille in 6 Liter Wasser eine viertel Stunde lang, mit welcher Lösung das Holz zuerst behandelt wird. Vor dem Trocknen muß dasselbe alsdann noch in ein Bad von salpetersaurem Eisenoxyd von 1° Beaumé eingelegt werden. Doch variirt die Concentration dieses Bades je nach der gewünschten Nuance. Eine concentrirtere Eisenlösung bringt einen gelblichen Ton hervor; durch Beimischung von etwas Potasche soll man einen mehr blaugrauen erzeugen können.

Schwarz. Man kocht 500 g Blauholz in 6 Liter Wasser und setzt etwa 60 g Kupfervitriol hinzu. In dieser Mischung bleibt das Holz 24 Stunden liegen, um nach dem Trocknen noch in eine 4° Beaumé starke Lösung von salpetersaurem Eisen eingelegt zu werden. Ein wiederholtes Behandeln mit Blauholzlösung verstärkt die Tiefe des Tons.

Eine andere Methode, Holz gleich dem Ebenholze schwarz zu färben, und welche für die Färbung von Eichenholz empfohlen wird, findet sich in Böttger's polyt. Notizblatt, 1862, Nr. 1, angegeben, und wurde von Sauerwein**) geprüft. Das Holz wird nach dieser Vorschrift zuerst in gesättigte Alaunlösung gelegt, dann mit einer Abkochung von Campecheholz, der man etwas neutralisirte Indigolösung zusetzen kann, bestrichen und getrocknet. Es folgt alsdann eine Be-

*) Dingler: Polyt. Journ., Bd. 190, S. 242.

**) Vergl. Dingler's polytechn. Journ., Bd. 164, S. 238.

handlung mit concentrirter essigsaurer Grünspahnlösung, und es wird die abwechselnde Anwendung von Campecheholzabsud und Grünspahnflüssigkeit so lange fortgesetzt, bis eine tiefe Schwarzfärbung des Holzes eingetreten ist.

Für Roth sind in der eben mitgetheilten Stubenrauch'schen Receptreihe nur Anilinfärbungen angegeben worden. Natürlich ist aber auch eine Rothfärbung mit anderen Farben möglich, und es muß sich selbstverständlich auch dann die sonstige Behandlungsweise nach dem gewählten Farbstoff richten.

So giebt Stubenrauch eine Vorschrift der Rothfärbung des Holzes mittelst Cochenille. Man koche feingemahlene Cochenille mit der 25fachen Menge Wasser 3 Stunden lang und bestreiche mit der Lösung das zu färbende Holz. Nach dem Trocknen erfolgt noch ein Anstrich mit einer verdünnten Chlorzinklösung (2 Proc.), welcher 1 Proc. Weinstein zugesetzt ist. Auf diese Weise erhält man Hochroth. — Allein auch andere nahestehende Nuancen kann man durch Cochenille erzeugen, indem man dieselbe anstatt in Wasser in einer 2procentigen wässerigen Lösung von Quercitron kocht, im Uebrigen aber gleich verfährt. Es soll so möglich sein, alle Stufen zwischen Gelb und Scharlach hervorzubringen*).

Sodann sind eine Anzahl von Vorschriften in der Literatur vorhanden, welche sich auf die Nachahmung kostbarer Holzarten durch Färbung ordinärer beziehen. Theilweise gehören freilich diese Vorschriften den Beizmethoden der Hölzer an und diese könnten recht wohl eine selbständige Behandlung in Anspruch nehmen. Es sei indessen hier bemerkt, daß man leicht durch eine sehr kurz dauernde Behandlung mit einer concentrirten Lösung von übermangansaurem Kali bei einer Reihe von Hölzern braune Töne, die an Nußbaum- und Palisanderholz erinnern, mittheilen kann**). Der Chemismus ist in diesem Falle leicht zu verstehen, indem das Mangansalz durch die organische Substanz des Holzes zu Mangansuperoxyd reducirt wird, welches sich auf der Holzfaser fixirt. Nähere Verhältnisse und Dauer der Einwirkung sind durch wiederholte Versuche zu erproben und sind natürlich hauptsächlich von der Holzart abhängig, um deren Färbung es sich handelt.

Um harten Hölzern ohne eigentliches Beizen die Farbe des Mahagoniholzes mitzutheilen, wird folgendes Verfahren angegeben***). Man bereite sich das Färbemittel aus mit Bleiglätte dargestelltem Leinölfirniß, englischem Braunroth und Drachenblut. Letztere Stoffe werden in dem Verhältniß von 3 zu 1 Theile genommen und die ganze Masse fein zerrieben. Mit der so hergestellten rothen Färbemasse wird während des Abschleifens einer Holzfläche diese letztere fortwährend feucht erhalten. Beim zuletzt erfolgenden Feinschliffe wird die Färbemasse noch mit feinem Ziegelmehle und weiß präparirtem Hirschhorne versetzt. Die so erzielte Politur soll gleichzeitig auch vor Wurmfraß schützen.

Eine andere Art des Dunkelfärbens, das für Nußbaumholz empfohlen wird, soll durch Bestreichen mit concentrirter Lösung von saurem chromsauren Kali (beinahe 1 Theil Salz auf 1 Theil Wasser) erreicht werden†).

---

*) Ueber eine andere Methode roth zu färben vergl. S. 161 Anm. ***) dieses Buches.

**) Vergl. a. a. O. Bd. 196, S. 316.

***) A. a. O. Bd. 170, S. 315.

†) Vergl. Hirschberg: Wagner's Jahresber. 1855, S. 389.

Nachweis der bedeutenderen literarischen Hülfsquellen.

Histologische Begriffsbestimmung von „Holz".

J. Sachs: Lehrbuch der Botanik. Leipzig 1868/9.
Nördlinger: Die technischen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart 1860.
Schacht: Lehrbuch der Anatomie u. Physiologie d. Gewächse. Berlin 1856.
„ Der Baum ꝛc. 1853.
Nördlinger: Der Holzring ꝛc. Stuttgart 1872.

Chemische Zusammensetzung des Holzes.

Payen: Chimie industrielle.
Muspratt: Theoret. u. prakt. Chemie, bearbeitet von Stohmann.
Nördlinger: Die technischen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart 1860.
Gottgetreu: Phys. u. chem. Beschaffenheit der Baumaterialien. 1869.
F. Schulze: Jahresber. d. Chemie 1857, S. 491.
Knapp: Chemische Technologie.
Prechtl: Technolog. Encyklopädie (Holz).
Moser: Chemie für Land- und Forstwirthe. Wien 1870.
Gmelin: Handbuch der Chemie.
Husemann: Die Pflanzenstoffe.
Hofmeister: Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig 1867.

Die einzelnen Holzarten.

Nördlinger: Die technischen Eigenschaften der Hölzer. 1860.
" Fünfzig Querschnitte der in Deutschland wildwachsenden Hölzer.
Schacht: Der Baum. 1853.
Gottgetreu: Phys. u. chem. Eigenschaften der Baumaterialien. 1869.
J. Sachs: Lehrbuch der Botanik. 1868/9.
L. Dippel: Das Mikroskop und seine Anwendung. II. Braunschweig 1869.

Tabellen über Zusammensetzung und Eigenschaften von Hölzern.

Gottgetreu: Phys. u. chem. Beschaffenheit der Baumaterialien. 1869.
Muspratt: Theoret. u. prakt. Chemie, bearbeitet von Stohmann.
Nördlinger: Die technischen Eigenschaften der Hölzer. 1860.
Ziurek: Technolog. Tabellen u. Notizen. 1863.
Payen: Chimie industrielle.
Knapp: Chemische Technologie.
Gmelin: Handbuch der Chemie.
Moser: Lehrbuch d. Chemie für Land- und Forstwirthe. Wien 1870.
Wagner: Hand- u. Lehrbuch d. Technologie. Bd. 4. 1862.

Verschiedenartigkeit der Eigenschaften bei einer und derselben Holzart.

Nördlinger: Die techn. Eigenschaften d. Hölzer. 1860.
Tharander forstliche Jahrbücher.
Gottgetreu: Phys. u. chem. Beschaffenheit d. Baumaterialien. 1869.
Pfeil's Kritische Blätter für Forst- und Jagdwissenschaft.
Wagner: Hand- u. Lehrbuch d. Technologie. Bd. 4. 1862.
Nördlinger: Der Holzring 2c. Stuttgart 1872.

Die Zersetzungserscheinungen des Holzes.

Gottgetreu: Phys. u. chem. Beschaffenheit der Baumaterialien. 1869.
Wagner: Die chemische Technologie. 1863.
Nördlinger: Die technischen Eigenschaften der Hölzer. 1860. S. 451 u. f.

Derselbe: Pfeil's Kritische Blätter für Forst- u. Jagdwissenschaft. Bd. 47, I, S. 48; Bd. 49, I, S. 136; Bd. 50, II, S. 262.
Prechtl: Technologische Encyklopädie.
Liebig: Die organ. Chemie in ihrer Anwendung 2c. II. Der chemische Proceß der Gährung 2c.
Baumeister: Conservirung der Schwellen. 1869. Einleitung.
Boussingault: Die Landwirthschaft 2c.; deutsch von Gräger.
Lauprecht: Erfahrungen a. d. Eichsfeld über natürl. Verwendbarkeit der Buche zu Bauzwecken; Pfeil's Kritische Blätter 2c., Bd. 48, I, S. 62.
Th. Hartig: ebenda Bd. 43, I, S. 79.
G. Wunder: Landw. Versuchsst. IV, S. 9.
v. Waldegg: Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens.

Die Conservirung des Holzes.

Baumeister: Conserviren der Schwellen. 1869.
J. A. Schultz: Neues Verfahren, das Holz zu conserviren. 1844.
A. Scheden: Rationell prakt. Anleitung zur Conservirung des Holzes. 1860.
Wagner: Hand- u. Lehrb. d. Technologie. 1862. IV.
Derselbe: Die chemische Technologie. 1863.
Gottgetreu: Phys. u. chem. Beschaffenheit d. Baumaterialien. 1869.
Payen: Précis de chimie industrielle.
Prechtl: Technolog. Encyklopädie. Holz.
Nördlinger: Pfeil's Kritische Blätter 2c., Bd. 46, II, S. 264: Bd. 47, I, S. 63; Bd. 49, I, S. 250.
v. Waldegg: Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens.
Rütgers: Deutsche Industriezeitung, 1868, S. 203.
Mois: ebenda, 1869, S. 133.
Coisne: ebenda, 1869, S. 293.

Verzeichniss neuerer Werke

aus dem Verlage von

FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN

in Braunschweig.

2.

Chemie und Pharmacie.

☞ Die hier aufgeführten Werke sind durch jede Buchhandlung zu beziehen.

Andriessen, Dr. Adolph, Lehrbuch der unorganischen Chemie für Schulen. Mit 109 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr. 20 Sgr.

Ballo, Prof. M., Das Naphtalin und seine Derivate in Beziehung auf Technik und Wissenschaft. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 20 Sgr.

Baumhauer, Dr. Heinr., Die Beziehungen zwischen dem Atomgewichte und der Natur der chemischen Elemente. Mit einer Tafel. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 10 Sgr.

Blum, Wilhelm, Natürliche und künstliche Mineralwasser. Mit 17 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 20 Sgr.

Bolley, Prof. Dr. P., Handbuch der chemischen Technologie. In Verbindung mit mehren Gelehrten und Technikern bearbeitet. Acht Bände, die meisten in mehre Gruppen zerfallend. Mit Kupfertafeln und in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh.

Erschienen sind:

1. — Ersten Bandes erste Gruppe: Die chemische Technologie des Wassers. Vom Herausgeber. Mit 80 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 24 Sgr.
2. — Ersten Bandes zweite Gruppe: Das Beleuchtungswesen. In zwei Abtheilungen. Vom Herausgeber und Dr. G. Wiedemann, Professor am Polytechnicum zu Karlsruhe. Mit Kupfertafeln und 231 in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Abtheilung. Preis 1 Thlr.
3. — Zweite Abtheilung. Preis 1 Thlr.
4. — Zweiten Bandes erste Gruppe: Die Technologie der chemischen Producte, welche durch Grossbetrieb aus unorganischen Materialien gewonnen werden. Von Dr. Philipp Schwarzenberg. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Lieferung. Preis 1 Thlr.
5. — Zweiten Bandes zweite Gruppe: Die Fabrikation chemischer Producte aus thierischen Abfällen. Von Dr. Hugo Fleck. Mit 46 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr.
6. — Dritten Bandes erste Gruppe: Die Glasfabrikation. Von Prof. W. Stein. Mit 233 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.
7. — Vierten Bandes erste Gruppe: Die Bierbrauerei, Branntweinbrennerei und Liqueurfabrikation. Von Dr. Fr. Jul. Otto. Mit 135 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 3 Thlr. 10 Sgr.
8. — Vierten Bandes dritte Gruppe: Der Weinbau und die Weinbereitungs-

kunde sowie die Bereitung des Obstweins und Krauts. Von Dr. Fr. Mohr. Mit 39 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 25 Sgr.

9. — Siebenter Band: Die Metallurgie. Von Dr. C. Stölzel. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Lieferung: Allgemeiner Theil. Preis 1 Thlr. 20 Sgr.

10. — Zweite Lieferung: Specieller Theil der Metallgewinnung. Roheisen und Stabeisen. Preis 1 Thlr.

11. — Fünfter Band: Chemische Verarbeitung der Pflanzen- und Thierfasern. Erste Lieferung: Die Spinnfasern und die im Pflanzen- und Thierkörper vorkommenden Farbstoffe. Vom Herausgeber. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr.

12. — Vierten Bandes zweite Gruppe: Die Essig-, Zucker- und Stärkefabrikation, Fabrikation des Stärkegummis, Stärkesyrups und Stärkezuckers, sowie die Butter- und Käsebereitung. Von Dr. Fr. Jul. Otto. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Lieferung. Preis 1 Thlr.

13. — Sechsten Bandes zweite Gruppe: Die Darstellung der Seifen, Parfümerien und Cosmetica. Von Dr. C. Deite. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr.

14. — Vierten Bandes zweite Gruppe: Die Essig-, Zucker- und Stärkefabrikation, Fabrikation des Stärkegummis, Stärkesyrups und Stärkezuckers, sowie die Butter- und Käsebereitung. Von Dr. Fr. Jul. Otto. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Zweite Lieferung. Preis 1 Thlr.

15. — Siebenter Band: Die Metallurgie. Von Dr. E. Stölzel. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Dritte Lieferung: Specieller Theil der Metallgewinnung. Stahl. Preis 20 Sgr.

16. — Vierten Bandes zweite Gruppe: Die Essig-, Zucker- und Stärkefabrikation, Fabrikation des Stärkegummis, Stärkesyrups und Stärkezuckers, sowie die Butter- und Käsebereitung. Von Dr. Fr. Jul. Otto. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Dritte Lieferung (Schluss). Preis 1 Thlr. 5 Sgr.

17. — Zweiten Bandes erste Gruppe: Die Technologie der chemischen Producte, welche durch Grossbetrieb aus unorganischen Materialien gewonnen werden. Von Dr. Philipp Schwarzenberg. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Zweite Lieferung. Preis 2 Thlr.

18. — Fünfter Band: Chemische Verarbeitung der Pflanzen- und Thierfasern. Zweite Lieferung: Die künstlich erzeugten organischen Farbstoffe. Der Theer: die aus Phenol und Benzol hervorgehenden Farbsubstanzen. Vom Herausgeber. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr.

19. — Sechsten Bandes dritte Gruppe: Das Schiesspulver, die Zündhütchen- und Zündwaaren-Fabrikation. Dritte Abtheilung: Die Zündwaaren-Fabrikation. Von Wladimir Jettel. Preis 20 Sgr.

Bunsen, Robert, Gasometrische Methoden. Mit 60 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr.

Bunsen, Robert, Tabellen zur Berechnung gasometrischer Analysen. Besonderer Abdruck aus „Bunsen's gasometrischen Methoden“. Zum Gebrauche in den Laboratorien. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 10 Sgr.

Fresenius, Prof. Dr. R. C., Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse, oder die Lehre von der Gewichtsbestimmung und Scheidung der in der Pharmacie, den Künsten, Gewerben und der Landwirthschaft häufiger vorkommenden Körper in einfachen und zusammengesetzten Verbindungen. Für Anfänger und Geübtere bearbeitet. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. Sechste vermehrte und verbesserte Auflage. Erste Lieferung. gr. 8. geh. Preis 1 Thlr.

Handwörterbuch der Chemie, Neues. Auf Grundlage des von Liebig, Poggendorff und Wöhler, Kolbe und Fehling herausgegebenen Handwörterbuchs der reinen und angewandten Chemie und unter Mitwirkung von Bunsen, Fittig, Fresenius, v. Gorup-Besanez, Hofmann, Kekulé, Kolbe, Kopp, Strecker, Wichelhaus u. a. Gelehrten bearbeitet und redigirt von Dr. Hermann v. Fehling. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. Royal-8. geh.

Erschienen ist: Ersten Bandes erste Lieferung. Preis 24 Sgr.

Häring, A., Repetitorium zu Stöckhardt's Schule der Chemie. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 10 Sgr.

Hasselt, Prof. Dr. A. W. M. van, Handbuch der Giftlehre für Chemiker, Aerzte, Apotheker und Gerichtspersonen. Aus dem Holländischen nach der zweiten Auflage frei bearbeitet und mit Zusätzen versehen von Prof. Dr. J. B. Henkel. gr. 8. Fein Velinpap. geh. In zwei Theilen.

Erster Theil: Allgemeine Giftlehre und die Gifte des Pflanzenreichs. Preis 2 Thlr. 12 Sgr.
Zweiter Theil: Die Thiergifte und die Mineralgifte. Preis 1 Thlr. 18 Sgr.

Hofmann, Aug. Wilh., Einleitung in die moderne Chemie. Nach einer Reihe von Vorträgen gehalten in dem Royal College of Chemistry zu London. Fünfte umgearbeitete Auflage. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr. 20 Sgr.

Knapp, Prof. Dr. F., Lehrbuch der chemischen Technologie, zum Unterricht und Selbststudium bearbeitet. Dritte umgearbeitete und vermehrte Auflage. In drei Bänden. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Erster Band. Preis 7 Thlr.

Knapp, Prof. Dr. F., Die Nahrungsmittel in ihren chemischen und technischen Beziehungen. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr.

Kolbe, Prof. Dr. Hermann, Ausführliches Lehrbuch der organischen Chemie. In drei Bänden. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. Zugleich als dritter bis fünfter Band zu Graham-Otto's ausführlichem Lehrbuch der Chemie. Bd. III., zweite Abtheilung, bearbeitet von Dr. H. v. Fehling.

Erschienen ist: Band I. compl. in 11 Lfgrn.
Band II. compl. in 10 Lfgrn.
Band III. Zweite Abthlg. compl. in 7 Lfgrn.
Preis à Lfrng. 15 Sgr.

Die erste Abthlg. (der Schluss) befindet sich unter der Presse.

Kolbe, Prof. Dr. Hermann, Das chemische Laboratorium der Universität Marburg und die seit 1859 darin ausgeführten chemischen Untersuchungen nebst Ansichten und Erfahrungen über die Methode des chemischen Unterrichts. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr. 10 Sgr.

Kolbe, Prof. Dr. Hermann, Ueber die chemische Constitution der organischen Kohlenwasserstoffe. Vortrag nebst Eröffnungsrede, gehalten bei Einweihung des neuen chemischen Laboratoriums der Universität Leipzig am 16. Nov. 1868. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 8 Sgr.

Kopp, Dr. H., Einleitung in die Krystallographie und in die krystallographische Kenntniss der wichtigeren Substanzen. Zweite Auflage. Mit einem Atlas von 22 Kupfertafeln und 7 lithographirten Tafeln, Netze zu Krystallmodellen enthaltend. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr. 20 Sgr.

Preis für den Atlas von 22 Kupfertafeln und 7 lithographirten Tafeln mit Netzen aparte, quer 4. geh. Preis 1 Thlr. 20 Sgr.

Kopp, Dr. H., Sechs Tafeln mit Netzen zu Krystallmodellen zu der Einleitung in die Krystallographie und in die krystallographische Kenntniss der wichtigeren Substanzen. Dritte Auflage. quer 4. Fein Velinpapier. geh. Preis 10 Sgr.

Kopp, Dr. H., Geschichte der Chemie. In vier Bänden. gr. 8.
Preis complet 9 Thlr. 15 Sgr.

Kopp, Dr. H., Beiträge zur Geschichte der Chemie. Mit einer Tafel. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Erstes Stück. Preis 2 Thlr. 20 Sgr.
Zweites Stück. Preis 3 Thlr. 10 Sgr.

Kopp, Dr. H., Bemerkungen zur Volumtheorie. Mit specieller Beziehung auf Herrn Prof. Schröder's Schrift: Die Molecularvolume der chemischen Verbindungen. gr. 8. geh. Preis 25 Sgr.

Kopp, Dr. H., Sonst und Jetzt in der Chemie. Ein populärwissenschaftlicher Vortrag. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 8 Sgr.

Kubel, Dr. W., Anleitung zur Untersuchung von Wasser, welches zu gewerblichen und häuslichen Zwecken oder als Trinkwasser benutzt werden soll. Zum Gebrauche für Techniker, Fabrikanten, Pharmaceuten, Chemiker und Aerzte. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 8 Sgr.

Ladenburg, Dr. A., Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie in den letzten hundert Jahren. gr. 8. Fein Velinpapier. geh.
Preis 1 Thlr. 20 Sgr.

Liebig, Justus von, Anleitung zur Analyse organischer Körper. Mit 82 in den Text eingedruckten Holzstichen. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. gr. 8. Fein Velinpap. geh.
Preis 20 Sgr.; in engl. Leinen gebunden 25 Sgr.

Liebig, Justus von, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Achte Auflage. gr. 8. Fein Velinpap. geh.
Erster Theil: Einleitung. Der chemische Process der Ernährung der Vegetabilien.
Preis 3 Thlr.
Zweiter Theil: Die Naturgesetze des Feldbaues. Preis 2 Thlr. 15 Sgr.

Liebig, Justus von, Einleitung in die Naturgesetze des Feldbaues. Besonderer Abdruck aus „Justus von Liebig, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Achte Auflage." Preis 25 Sgr.

Liebig, Justus von, Die Thier-Chemie oder die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie. Dritte umgearbeitete und vermehrte Auflage. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Erste Abtheilung.
Preis 1 Thlr. 10 Sgr.

Liebig, Justus von, Untersuchungen über einige Ursachen der Säftebewegung im thierischen Organismus. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 20 Sgr.

Liebig, Justus von, Die Grundsätze der Agriculturchemie mit Rücksicht auf die in England angestellten Untersuchungen. Zweite, durch einen Nachtrag vermehrte Auflage. gr. 8. Sat. Velinpap. geh. Preis 25 Sgr.

Löwig, Prof. Dr. Carl, Chemie der organischen Verbindungen. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. 2 Bände. gr. 8. geh.
Preis 11 Thlr. 10 Sgr.

Löwig, Prof. Dr. Carl, Grundriss der organischen Chemie. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr. 10 Sgr.

Martius-Matzdorff, J., Die Elemente der Krystallographie mit stereoskopischer Darstellung der Krystallformen. Für höhere Lehranstalten und zum Selbststudium. Mit 118 in den Text eingedruckten Figuren. 4. Fein Velinpapier. geh. Preis 1 Thlr. 20 Sgr.

Mohr, Dr. F., Commentar zur preuss. Pharmacopoe nebst Uebersetzung des Textes. Dritte umgearbeitete Auflage. Nach der siebenten Auflage

der Pharmacopoea Borussica bearbeitet. Für Apotheker, Aerzte und Medicinalbeamte. In einem Bande. Mit 86 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 4 Thlr.

Mohr, Dr. F., Lehrbuch der pharmaceutischen Technik. Nach eigenen Erfahrungen bearbeitet. Für Apotheker, Chemiker, chemische Fabrikanten, Aerzte und Medicinalbeamte. Dritte vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 470 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr. 20 Sgr.

Mohr, Dr. F., Lehrbuch der chemisch-analytischen Titrirmethode. Nach eigenen Versuchen und systematisch dargestellt. Für Chemiker, Aerzte und Pharmaceuten, Berg- und Hüttenmänner, Fabrikanten, Agronomen, Metallurgen, Münzbeamte etc. Mit zahlreichen in den Text eingedr. Holzstichen u. angehängten Berechnungstabellen. Dritte durchaus umgearbeitete Auflage. gr. 8. Sat. Velinpap. geh. Preis 3 Thlr. 20 Sgr.

Mohr, Dr. F., Mechanische Theorie der chemischen Affinität und die neuere Chemie. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr.

Mohr, Dr. Friedrich, Allgemeine Theorie der Bewegung und Kraft, als Grundlage der Physik und Chemie. Ein Nachtrag zur mechanischen Theorie der chemischen Affinität. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 25 Sgr.

Müller, Prof. Dr. Joh., Grundzüge der Krystallographie. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 159 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 15 Sgr.

Naumann, Dr. Alex., Grundriss der Thermochemie oder der Lehre von den Beziehungen zwischen Wärme und chemischen Erscheinungen vom Standpunkt d. mechanischen Wärmetheorie. gr. 8. Fein Velinp. geh. Preis 1 Thlr.

Orfila, M., Lehrbuch der Toxicologie. Nach der fünften, umgearbeiteten, verbesserten und vielfach vermehrten Auflage aus dem Französischen mit selbständigen Zusätzen bearbeitet von Dr. G. Krupp. Zwei Bände. gr. 8. Velinpap. geh. Preis 5 Thlr.

Otto-Graham's Ausführliches Lehrbuch der Chemie. Vierte umgearbeitete Auflage. 5 Bände. 8. Fein Velinpap. geh.

Erster Band: Physikalisches, Allgemeines und Theoretisches der Chemie, von den Professoren Buff, Kopp und Zamminer in Giessen und Heidelberg, zweite Auflage. In zwei Abtheilungen.
- Erste Abtheilung. Preis 3 Thlr.
- Zweite Abtheilung. Preis 2 Thlr.

Zweiter Band: Anorganische Chemie, von Prof. Otto in Braunschweig, vierte Auflage (in drei Abtheilungen).
- Erste Abtheilung, compl. in 13 Lfrgn. Preis (à Lfrg. 15 Sgr.) 6 Thlr. 15 Sgr.
- Zweite Abtheilung. Erschienen ist: Lieferung 1 — 10. Preis à Lfrg. 15 Sgr. (Der Schluss der zweiten Abtheilung befindet sich unter der Presse.)
- Dritte Abtheilung, compl. in 12 Lfrgn. Preis (à Lfrg. 15 Sgr.) 6 Thlr.

Dritter bis fünfter Band: Organische Chemie, von Prof. Kolbe in Leipzig.
- Dritter Band, complet (in 11 Lfrgn). Preis (à Lfrg. 15 Sgr.) 5 Thlr. 15 Sgr.
- Vierter Band, complet (in 10 Lieferungen). Preis (à Lfrg. 15 Sgr.) 5 Thlr.
- Fünfter Band, bearbeitet von Prof. Kolbe in Leipzig und Prof. H. v. Fehling in Stuttgart. Erschienen ist:
  - Zweite Abtheilung von Prof. H. v. Fehling, erste bis siebente Lieferung. Preis à Lfrg. 15 Sgr.
  - (Die erste Abtheilung befindet sich unter der Presse.)

Otto, Prof. Dr. Fr. Jul., Anleitung zur Ausmittelung der Gifte und zur Erkennung der Blutflecken bei gerichtlich-chemischen Untersuchungen. Vierte Auflage. Nach dem Tode des Verfassers herausgegeben und durch einen Nachtrag vermehrt von Prof. Dr. Robert Otto. Für Chemiker, Apotheker, Medicinalbeamte und Juristen; Leitfaden in Laboratorien und bei Vorträgen. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 20 Sgr.

Regnault, Victor und Adolph Strecker. Kurzes Lehrbuch der Chemie. In zwei Bänden.

Erster Band, achte verbesserte Auflage. Anorganische Chemie. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen und einer farbigen Spectraltafel. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 2 Thlr.

Zweiter Band, fünfte verbesserte Auflage. Organische Chemie. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr.

Roscoe, Prof. H. E., Kurzes Lehrbuch der Chemie nach den neuesten Ansichten der Wissenschaft. Deutsche Ausgabe, unter Mitwirkung des Verfassers bearbeitet von Carl Schorlemmer. Dritte, nach den neuesten Forschungen verbesserte und vermehrte Auflage. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen und einer Spectraltafel. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr. 20 Sgr.

Roscoe, Prof H. E., Die Spectralanalyse in einer Reihe von sechs Vorlesungen mit wissenschaftlichen Nachträgen. Autorisirte deutsche Ausgabe, bearbeitet von C. Schorlemmer. Mit 80 in den Text eingedruckten Holzstichen, Chromolithographien, Spectraltafeln etc. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 3 Thlr.

Rose, Prof. Heinrich, Ausführliches Handbuch der analytischen Chemie. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. Zwei Bände. gr. 8. Fein Velinpap. geh.

Erster Band: Die Lehre von den qualitativen chemisch-analytischen Untersuchungen.
Zweiter Band: Die Lehre von den quantitativen chemisch-analytischen Untersuchungen.
Herabgesetzter Preis für beide Bände mit den Atomgewichts-Tabellen von Weber 3 Thlr.; für jeden Band einzeln 1 Thlr. 15 Sgr.

Scheerer, Prof. Dr. Th., Löthrohrbuch. Eine Anleitung zum Gebrauch des Löthrohrs sowie zum Studium des Verhaltens der Metalloxyde, der Metalle und der Mineralien vor dem Löthrohre, nebst Beschreibung der vorzüglichsten Löthrohrgebläse. Für Chemiker, Mineralogen, Metallurgen, Metallarbeiter und andere Techniker, sowie zum Unterrichte auf Berg-, Forst- und landwirthschaftlichen Akademien, polytechnischen Lehranstalten, Gewerbeschulen u. s. w. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. Zweite vermehrte Auflage. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr. 5 Sgr.
In engl. Leinen gebunden Preis 1 Thlr. 10 Sgr.

Scheerer, Prof. Dr. Th., Bemerkungen und Beobachtungen über Afterkrystalle. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 10 Sgr.

Scheerer, Prof. Dr. Th., Lehrbuch der Metallurgie mit besonderer Hinsicht auf chemische und physikalische Principien. In zwei Bänden. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Velinpap. geh. Erschienen ist: Erster Band complet in 7 Lieferungen; zweiter Band 1. und 2. Lieferung. à Lieferung 15 Sgr.

Scheerer, Prof. Dr. Th., Isomorphismus und polymerer Isomorphismus. (Besonderer Abdruck aus dem Handwörterbuche der Chemie von Liebig, Poggendorff, Wöhler und Kolbe.) gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 10 Sgr.

Scheerer, Prof. Dr. Th., Der Paramorphismus und seine Bedeutung in der Chemie, Mineralogie und Geologie. gr. 8. Velinpap. geh. Preis 1 Thlr.

Schleiden, Dr. M. J., und Schmid, Dr. E. E., Encyclopädie der gesammten theoretischen Naturwissenschaften in ihrer Anwendung auf die Landwirthschaft. Mit 500 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Drei Bände. Preis 7 Thlr. 15 Sgr.
Jeder dieser drei Bände ist auch einzeln für den Preis von 2 Thlr. 15 Sgr. verkäuflich.
(Der dritte Band fehlt gänzlich.)

Schmid, Dr. E. E., Physik, anorganische Chemie und Mineralogie. Für Landwirthe bearbeitet. Mit 258 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 2 Thlr. 15 Sgr.

Schmid, Dr. E. E., Organische Chemie, Meteorologie, Geognosie, Bodenkunde und Düngerlehre. Für Landwirthe bearbeitet. Mit 38 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr. 15 Sgr.

Schoedler, Dr. Friedrich, Das Buch der Natur, die Lehre der Physik, Astronomie, Chemie, Mineralogie, Geologie, Botanik, Physiologie und Zoologie umfassend. Allen Freunden der Naturwissenschaft, insbesondere den Gymnasien, Realschulen und höheren Bürgerschulen gewidmet. In zwei Theilen. gr. 8. Fein Velinpapier. geh.

Erster Theil. Achtzehnte Auflage. Physik, Astronomie und Chemie. Mit 407 in den Text eingedruckten Holzstichen, Sternkarten und einer Mondkarte. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.

Zweiter Theil. Siebzehnte Auflage. Mineralogie, Geognosie, Geologie, Botanik, Physiologie und Zoologie. Mit 615 in den Text eingedruckten Holzstichen und einer geognostischen Tafel in Farbendruck. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.

Nur vom ersten Theile erscheint vorläufig eine neue Auflage.

Schwarz, H. Dr. Ph., Ueber die Maassanalysen besonders in ihrer Anwendung auf die Bestimmung des technischen Werthes der chemischen Handelsproducte, wie Potasche, Soda, Braunstein, Säuren, Eisen, Kupfer, Blei, Silber u. s. w. Zweite durch Nachträge vermehrte Auflage. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 20 Sgr.

Stammer, Dr. Karl, Leitfaden bei den praktischen Arbeiten im chemischen Laboratorium. Zum Gebrauche beim Unterrichte in der unorganischen Chemie an Gewerbe- und Realschulen. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 15 Sgr.

Stammer, Dr. Karl, Sammlung von chemischen Rechenaufgaben. Zum Gebrauche an Real- und Gewerbe-Schulen, an technischen Lehranstalten und beim Selbststudium für Studirende, Pharmaceuten, chemische Fabrikanten u. A. 8. Velinpap. geh. Preis 10 Sgr.

Stammer, Dr. Karl, Antworten und Auflösungen zu der Sammlung von chemischen Rechenaufgaben. Zum Gebrauche beim Selbststudium für Studirende, Pharmaceuten, chemische Fabrikanten u. A., sowie für Lehrer an technischen Lehranstalten, Real- und Gewerbeschulen. 8. Velinpap. geh. Preis 20 Sgr.

Stammer, Dr. Karl, Tabellen chemischer Schemata. Zum Gebrauche beim Unterrichte in der unorganischen Chemie. In 48 Wandtafeln. Preis 6 Thlr.

Stöckhardt, Dr. J. A., Die Schule der Chemie, oder erster Unterricht in der Chemie, versinnlicht durch einfache Experimente. Zum Schulgebrauch und zur Selbstbelehrung, insbesondere für angehende Apotheker, Landwirthe, Gewerbtreibende etc. Sechzehnte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 219 in den Text eingedruckten Holzstichen und einer farbigen Spectraltafel. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr.

Strecker, Prof. Dr. A., Theorien und Experimente zur Bestimmung der Atomgewichte der Elemente. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 20 Sgr.

Weber, R., Atomgewichtstabellen zur Berechnung der bei analytisch-chemischen Untersuchungen erhaltenen Resultate. Zugleich als Nachtrag zum Handbuche der analytischen Chemie von Heinrich Rose. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 10 Sgr.

Weltzien, Prof. C., Systematische Zusammenstellung der organischen Verbindungen. gr. 8. Satin. Velinpap. Preis 1 Thlr.